



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS**



LUCIANNA MARQUES ROCHA FERREIRA

**ANÁLISE E VALORAÇÃO DA DISPONIBILIDADE DE BENS E SERVIÇOS
ECOSSISTÊMICOS EM UMA MICROBACIA HIDROGRÁFICA
PREDOMINANTEMENTE URBANIZADA, PARAÍBA, BRASIL**

CAMPINA GRANDE – PB

2018

LUCIANNA MARQUES ROCHA FERREIRA

**ANÁLISE E VALORAÇÃO DA DISPONIBILIDADE DE BENS E SERVIÇOS
ECOSSISTÊMICOS EM UMA MICROBACIA HIDROGRÁFICA
PREDOMINANTEMENTE URBANIZADA, PARAÍBA, BRASIL**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Doutora em Recursos Naturais.

Orientador: Prof. Dr. Enio Pereira de Souza
Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Luciana Slomp Esteves

CAMPINA GRANDE – PB

2018

F383a Ferreira, Lucianna Marques Rocha.
Análise e valoração da disponibilidade de bens e serviços ecossistêmicos em uma microbacia hidrográfica predominantemente urbanizada, Paraíba, Brasil / Lucianna Marques Rocha Ferreira. - Campina Grande-PB, 2018.
111 f. : il. color.

Tese (Doutorado em Recursos Naturais) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2018.
"Orientação: Prof. Dr. Enio Pereira de Souza, Profa. Dra. Luciana Slomp Esteves".
Referências.

1. Expansão Urbana. 2. Mudança da Paisagem. 3. Serviços Ecossistêmicos. 4. Valoração Social - Microbacia Hidrográfica Predominantemente Urbanizada. 5. Espaço Verde. 6. Gestão Baseada em Ecossistemas. I. Souza, Enio Pereira de. II. Esteves, Luciana Slomp. III. Título.

CDU 556.38:711.167 (043)

LUCIANNA MARQUES ROCHA FERREIRA

“ANÁLISE E VALORAÇÃO DA DISPONIBILIDADE DE BENS E SERVIÇOS
ECOSSISTÊMICOS EM UMA MICROBACIA HIDROGRÁFICA PREDOMINANTEMENTE
URBANIZADA, PARAÍBA, BRASIL”

APROVADA COM DISTINÇÃO EM: 27/07/2018

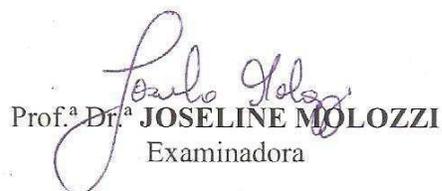
ASSINATURA DA BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. ENIO PEREIRA DE SOUZA
Orientador Principal


Prof.^a Dr.^a LUCIANA SLOMP ESTEVES
Segunda Orientadora


Prof. Dr. CARLOS ANTÔNIO COSTA DOS SANTOS
Examinador


Prof. Dr. SÉRGIO MURILO SANTOS DE ARAÚJO
Examinador


Prof.^a Dr.^a JOSELINE MOLOZZI
Examinadora


Prof. Dr. VENEZIANO GUEDES DE SOUSA RÊGO
Examinador

“The existence of the social system is guaranteed by the proper functioning of the ecological system” (LA NOTTE et al., 2017, 398 p.)

AGRADECIMENTOS

Inicialmente, expresso minha gratidão à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de doutorado e pelo financiamento da presente pesquisa, bem como aos funcionários e, em especial, aos docentes do Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da UFCG pelo profissionalismo e pelo conhecimento compartilhado, o qual foi enriquecedor e com certeza será utilizado permanentemente em minha vida profissional.

Ao professor Doutor Enio Pereira de Souza e à professora Doutora Luciana Slomp Esteves (*Bournemouth University*) pela orientação e coorientação, respectivamente. Grata pela imensa paciência e compreensão, pela confiança, pelo precioso conhecimento transferido e pelos conselhos profissionais e pessoais.

Aos membros da banca, pelos valiosos comentários e sugestões sugeridas.

A todos os participantes da Articulação pela Revitalização do Riacho das Piabas pelo apoio, incentivo para a realização desta pesquisa.

Ao professor Doutor Veneziano Guedes de Sousa Rêgo da Universidade Federal de Campina Grande (campus Patos) por compartilhar sua experiência na área de estudo, pelas conversas sobre gestão pública dos recursos naturais na Microbacia Hidrográfica Riacho das Piabas, pelo auxílio na construção do pré-projeto de tese e por disponibilizar o *shapefile* do limite da Microbacia Hidrográfica Riacho das Piabas. Ademais, agradeço pelo incentivo, pelo apoio e pelas sugestões profissionais e pessoais.

Ao professor Doutor Carlos Antonio Costa dos Santos pelos conselhos profissionais e pessoais, apoio, incentivo e colaboração no processamento de imagens de satélite e na análise dos dados do artigo “*Impact of the urbanisation process in the availability of ecosystem services in a tropical ecotone area*”, produto desta pesquisa.

Ao professor Doutor Venerando Eustáquio Amaro e a Doutora Débora Vieira Busman, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte e membros do Projeto Valoração de Serviços Ambientais Aplicados à Vulnerabilidade Costeira, VALSA (CAPES/PVE 88881.068064/2014-01) pelo acolhimento, pela partilha e construção do conhecimento na temática de bens e serviços ecossistêmicos.

Aos colegas do PPGRN, em especial, a Ester Luiz de Araújo Grangeiro, Josemery Araújo Alves, Maria Josicleide Felipe Guedes, Taciana de Carvalho Coutinho e Ivanklin Soares Campos Filho pela construção mútua do conhecimento, pelo apoio e pelos conselhos profissionais e pessoais.

Ao incentivo, apoio e amor de meus pais, de meus irmãos, de meu padrasto, de meu companheiro e de meus amigos. Eles me ajudaram a lidar com as incertezas que surgiram no decorrer dos últimos quatros anos e foram indispensáveis para a finalização desta fase da minha vida profissional.

FERREIRA, L. M. R. Análise e valoração da disponibilidade de bens e serviços ecossistêmicos em uma microbacia hidrográfica predominantemente urbanizada, Paraíba, Brasil [Tese]. Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande/PB, 2018. 111p.

RESUMO

A urbanização tem sido uma das principais causas de mudança do uso e ocupação da terra em todo o mundo, muitas vezes com consequências irreparáveis para a prestação de bens e serviços ecossistêmicos fundamentais para o bem-estar físico, mental e espiritual humano, bem como para a manutenção da vida no planeta. Esta pesquisa analisa a mudança da disponibilidade de bens e serviços ecossistêmicos em função do uso e ocupação da terra, no período de 1989, 2007 e 2014; e a valoração social de benefícios prestados por uma microbacia hidrográfica predominantemente urbanizada, inserida no ecótono Agreste (área de transição entre os biomas Mata Atlântica e Caatinga), no Nordeste do Brasil. Técnicas de sensoriamento remoto e sistema de informação geográfica foram utilizadas para quantificar as mudanças no uso e ocupação da terra na Microbacia Hidrográfica Riacho das Piabas, Paraíba. Método de transferência de benefícios foi aplicado para quantificar as mudanças na oferta de bens e serviços ecossistêmicos, entre os anos analisados. A percepção das partes interessadas (comunidade, técnico e especialista) acerca dos ambientes que ofertam bens e serviços ecossistêmicos na área de estudo e seus respectivos níveis de importância foram obtidos por meio de mapeamento participativo. A substituição de área de vegetação arbórea (46% da área de estudo em 1989 e 5% em 2014) por ambiente construído foi o fator-chave que impulsionou o declínio de 73% da disponibilidade de bens e serviços ecossistêmicos entre os anos de 1989 e 2014. A expansão urbana promoveu a perda de 89% da oferta de oito serviços ecossistêmicos, incluindo regulação do clima, regulação do fluxo de água, moderação de perturbações, ciclagem de nutrientes e controle biológico, que quando se considera a tendência regional de aridificação e as pressões existentes sobre os recursos hídricos, são relevantes localmente. Houve diferença significativa entre a percepção das partes interessadas quanto ao número de áreas mapeadas por seção de bens e serviços ecossistêmicos disponibilizados pela área de estudo para a população (Anova fatorial, $F= 21,62$; $p < 0,001$). A visão da comunidade sobre os benefícios oferecidos pela microbacia hidrográfica estudada distinguiu de técnicos e de especialistas. Os ambientes que mais ofertaram bens e serviços ecossistêmicos foram as áreas de transição entre ambiente dulcícola e terrestre; e espaços verdes. O serviço de manutenção do ciclo hidrológico e fluxos de águas apresentou média de nível de importância social muito alto. A gestão que deseja reduzir os impactos do processo de urbanização na provisão de bens e serviços ecossistêmicos deve considerar implementação do planejamento espacial baseado em ecossistemas, com foco na infraestrutura urbana verde e na restauração de habitats naturais e sua conectividade. Ademais, é fundamental abordar a percepção de partes interessadas no processo de planejamento e tomada de decisão para minimizar e gerenciar potenciais conflitos sociais.

Palavras-chave: expansão urbana; mudança da paisagem; serviços ecossistêmicos; valoração; percepção social; espaço verde; gestão baseada em ecossistemas

FERREIRA, L. M. R. Analysis and valuation of the ecosystem goods and services availability in a predominantly urbanised microwatershed, Paraíba, Brazil [Thesis]. Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande/PB, 2018. 111p.

ABSTRACT

Urbanisation has been a main cause of land use land cover (LULC) change worldwide, often with irreparable consequences to the provision of goods and ecosystem services that are fundamental to human physical, mental and spiritual well-being, as well as to the maintenance of life on the planet. This research analyzes the goods and ecosystem services availability change as a function of LULC, in the period of 1989, 2007 and 2014; and the social valuation of ecosystem benefits provided by a predominantly urbanised microwatershed, located in the Agreste ecotone (transition area between Atlantic Forest and Caatinga biomes), in Northeast Brazil. Remote sensing techniques and geographic information system were used to quantify LULC changes in Riacho das Piabas microwatershed, Paraíba. The benefit transfer method was applied to quantify changes in the ecosystem goods and services supply between the years analyzed. The stakeholders perception (community, technical and expert) about the environments that offer ecosystem goods and services in the study area and their respective importance levels were obtained through participatory mapping. Replacement of tree vegetation area (46% of the study area in 1989 and 5% in 2014) by the built environment was the key factor driving the 73% decline in the ecosystem goods and services availability between 1989 and 2014. Urban sprawl resulted losses of 89% in the eight ecosystem services supply, including climate regulation, water flow regulation, moderation of disturbance, nutrient cycling and biological control, which are critical locally when considering the regional trend towards aridification and the existing pressures on water resources. There was a significant difference between the stakeholders perception about the mapped areas number per ecosystem goods and services section available by the study area to the population (Factorial Anova, $F = 21.62$, $p < 0.001$). The community perception about the benefits offered by the studied microwatershed distinguished from technicians and experts. The environments that most offered ecosystem goods and services were transitional areas between the between freshwater and terrestrial environments; and green spaces. The service maintenance of hydrological cycle and water flux presented very high average importance level. Management that wishes to reduce the urbanisation impacts on the provision of ecosystem goods and services should consider implementation of ecosystem-based spatial planning, focusing on urban green infrastructure and natural habitats restoration and their connectivity. In addition, it is fundamental to approach the stakeholders perception in the planning process and decision making to minimize and manage potential social conflicts.

Keywords: urban expansion; landscape change; ecosystem services; valuation; green space; stakeholders perception; ecosystem-based management

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Exemplo da estrutura hierárquica CICES, versão 5.1	8
Figura 2	- Tipos de valoração de bens e serviços ecossistêmicos	11
Figura 3	- Localização da Microbacia Hidrográfica Riacho das Piabas (Paraíba, Brasil)	19
Figura 4	- Representação resultante do mapeamento participativo, utilizando o procedimento metodológico adaptado do Projeto VALSA, para identificação de locais que ofertam bens e serviços ecossistêmicos e seus respectivos níveis de importância	39
Figura 5	- Uso e ocupação da terra em 1989, 2007 e 2014 na Microbacia Hidrográfica do Riacho das Piabas (Paraíba, Brasil)	44
Figura 6	- Contribuição relativa das diferentes categorias de uso e ocupação da terra para o valor total estimado de bem e serviço ecossistêmico (entre parênteses) na Microbacia Hidrográfica Riacho das Piabas (Paraíba, Brasil) em 1989, 2007 e 2014	48
Figura 7	- Percentagem de seção de bens e serviços ecossistêmicos registrada pelas partes interessadas na Microbacia Hidrográfica Riacho das Piabas (Paraíba, Brasil)	58
Figura 8	- Dendrograma resultante da análise de agrupamento utilizando a distância Euclidiana, ligação completa sem ponderação como coeficiente de similaridade entre as partes interessadas na Microbacia Hidrográfica Riacho das Piabas (Paraíba, Brasil). C= comunidade; T= técnico; e E= especialista	59
Figura 9	- Média de número de locais mapeados em função da seção de bem e de serviço ecossistêmico e da categoria de parte interessada na Microbacia Hidrográfica Riacho das Piabas (Paraíba, Brasil). I.C= intervalo de confiança	60
Figura 10	- Média de bens e de serviços ecossistêmicos mapeados em função da categoria das partes interessadas e a forma de identificação do local que oferta bem e serviço do ecossistema (específica ou genérica) na Microbacia Hidrográfica Riacho das Piabas (Paraíba, Brasil). I.C= intervalo de confiança	61

Figura 11	- Áreas que ofertam bens e serviços ecossistêmicos (BSE) a partir da percepção das partes interessadas na Microbacia Hidrográfica do Riacho das Piabas (Paraíba, Brasil)	71
Figura 12	- Localização de ambiente conforme o nível de importância de bens e de serviços ecossistêmicos multiplicado pelo número de pessoas participantes na criação de mapas por partes interessadas (comunidade, técnico e especialista) na Microbacia Hidrográfica Riacho das Piabas (Paraíba, Brasil)	73
Figura 13	- Localização de ambiente conforme o nível de importância de bens e de serviços ecossistêmicos multiplicado pelo número de pessoas participantes na criação de mapas pelo conjunto de partes interessadas na Microbacia Hidrográfica Riacho das Piabas (Paraíba, Brasil)	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Informações sobre as imagens orbitais utilizadas neste estudo	22
Tabela 2	- Constantes de calibração radiométrica do satélite Landsat 5/ <i>Thematic Mapper</i>	24
Tabela 3	- Classificação de uso e ocupação da terra conforme o IVDN	26
Tabela 4	- Categoria de uso e de ocupação da terra e seus respectivos bioma equivalente do trabalho de Groot et al. (2012)	27
Tabela 5	- Lista de bens e serviços ecossistêmicos e seus respectivos coeficiente de valor (US\$ por ha ⁻¹ a ⁻¹) de acordo com de Groot et al. (2012) por bioma, ajustados ao Índice de Preços ao Consumidor referente a novembro de 2017	28
Tabela 6	- Extensão territorial (ha) de cada categoria de uso e ocupação da terra, sua respectiva cobertura relativa (%) da área de estudo e mudança no uso da terra (%) em 1989, 2007 e 2014 na Microbacia Hidrográfica Riacho das Piabas (Paraíba, Brasil)	45
Tabela 7	- Valor total estimado de bem e serviço ecossistêmico (US\$) por categoria de uso e ocupação da terra na Microbacia Hidrográfica Riacho das Piabas (Paraíba, Brasil) usando o coeficiente disponível por de Groot et al. (2012) ajustado ao Índice de Preços ao Consumidor, ano de referência, 2017 e suas respectivas variações ao longo do tempo (em US\$ e percentagem relativa, PR)	48
Tabela 8	- Valor total estimado de 19 bens e serviços ecossistêmicos (US\$ ajustado ao Índice de Preços ao Consumidor, ano de referência, 2017) observados na Microbacia Hidrográfica Riacho das Piabas (Paraíba, Brasil) em 1989, 2007 e 2014 e suas respectivas variações ao longo do tempo (em US\$ e percentagem relativa, PR)	50
Tabela 9	- Valores estimados de bem e serviço do ecossistema total ajustados (VSEa) para $\pm 50\%$ do coeficiente de valor (CV), variação relativa de VSEa ao longo do tempo (%) e o coeficiente de sensibilidade (CS)	54

- Tabela 10 - Número de locais mapeadas (N) por seções e classes de bens e de serviços ecossistêmicos registrados pelos grupos de interesse da Microbacia Hidrográfica Riacho das Piabas (Paraíba, Brasil) e suas respectivas percentagens (%) 56
- Tabela 11 - Resultado do teste estatístico Anova dois fatores para seção de bens e de serviços ecossistêmicos (S) em função da categoria de parte interessada (PI) e do número de locais mapeados pelas partes de interesse na Microbacia Hidrográfica Riacho das Piabas (Paraíba, Brasil). SQ= soma dos quadrados; g.l= grau de liberdade; e MSQ= média da soma dos quadrados 60
- Tabela 12 - Resultado do teste estatístico Anova dois fatores para classe de bens e de serviços ecossistêmicos mapeados em função da forma de identificação do local (específica ou genérica) que oferta bem e serviço do ecossistema (FA) e categoria das partes interessadas (PI) na Microbacia Hidrográfica Riacho das Piabas (Paraíba, Brasil). SQ= soma dos quadrados; g.l= grau de liberdade; e MSQ= média da soma dos quadrados 62
- Tabela 13 - Número de classes de bens e serviços ecossistêmicos de acordo com a forma de identificação do local (específica ou genérica) pelas partes interessadas na Microbacia Hidrográfica Riacho das Piabas (Paraíba, Brasil) 62
- Tabela 14 - Seção e classe de bens e de serviços ecossistêmicos e seus respectivos níveis de importância, NI, (muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto) por parte interessada e média ponderada de nível de importância (NI médio) da Microbacia Hidrográfica Riacho das Piabas (Paraíba, Brasil). C= comunidade; T= técnico; e E= especialista 64
- Tabela 15 - Tipos de ambientes e seus respectivos números de locais mapeados (N) e número de classe de bens e serviços ecossistêmicos (N_c) segundo cada parte interessada na Microbacia Hidrográfica Riacho das Piabas (Paraíba, Brasil) 69

SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO	1
1.1- HIPÓTESES	3
1.2- OBJETIVOS	3
1.2.1- Objetivo geral	3
1.2.2- Objetivos específicos	3
2- REVISÃO DE LITERATURA	5
2.1- BENS E SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS.....	5
2.1.1- Principais sistemas de classificação de bens e serviços ecossistêmicos	6
2.2- INTERAÇÕES ENTRE BENS E SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS.....	8
2.3- VALORAÇÃO DE BENS E SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS	10
2.3.1- Pagamentos por Serviços Ambientais	13
2.4- ÁREAS URBANAS E BENS E SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS.....	15
2.5- GESTÃO BASEADA EM ECOSSISTEMAS	16
3- MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1- ÁREA DE ESTUDO	19
3.2- PROCEDIMENTO METODOLÓGICO.....	21
3.2.1- Influência do uso e ocupação da terra na disponibilidade de bens e serviços ecossistêmicos	21
3.2.1.1- Classificação do uso e ocupação da terra	22
3.2.1.2- Estimativa de valor de bens e serviços ecossistêmicos	26
3.2.1.3- Análise de sensibilidade	30
3.2.2- Identificação e classificação do nível de importância e do valor social de bens e serviços do ecossistema	31
3.2.2.1- Mapeamento participativo de bens e serviços ecossistêmicos	31
3.2.2.2- Análise dos dados	40

3.2.2.3- Álgebra de mapas	41
4- RESULTADOS	43
4.1- INFLUÊNCIA DA MUDANÇA DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA NA DISPONIBILIDADE DE BENS E SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS	43
4.1.1- Mudança do uso e ocupação da terra	43
4.1.2- Mudanças na disponibilidade de bens e serviços ecossistêmicos	46
4.1.3- Análise de sensibilidade	52
4.2- PERCEPÇÃO SOCIAL E VALORAÇÃO DE BENS E DE SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS	55
4.2.1- Análise descritiva	55
4.2.2- Percepção de partes interessadas sobre bens e serviços ecossistêmicos	59
4.2.3- Nível de importância de bens e de serviços ecossistêmicos	62
4.2.4- Percepção social sobre os ambientes que ofertam bens e serviços ecossistêmicos	68
4.2.5- Percepção social quanto ao nível de importância de ambientes que ofertam bens e serviços ecossistêmicos	72
5- DISCUSSÃO	75
5.1- EXPANSÃO URBANA E PERDA DE BENS E SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS NO ECÓTONO AGRESTE	75
5.1.1- Ressalvas do estudo	76
5.2- PERCEPÇÃO SOCIAL E VALORAÇÃO DE BENS E SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS	79
5.3- PLANEJAMENTO ESPACIAL E IMPLICAÇÕES PARA A GESTÃO BASEADA EM ECOSSISTEMAS URBANOS.....	82
6- CONCLUSÃO	87
7- REFERÊNCIAS	89
APÊNDICE A- Modelo de tabela para que as partes interessadas identifiquem os bens e os serviços ecossistêmicos, o ambiente em que são encontrados e o seu nível de importância	102

APÊNDICE B- Serviços ecossistêmicos e seus respectivos valores monetários estimados (US\$ 10 ³ ajustado ao Índice de Preços ao Consumidor, ano de referência, 2017) para 1989, 2007 e 2014 para cada categoria de uso e ocupação da terra da Microbacia Hidrográfica Riacho das Piabas (Paraíba, Brasil)	103
APÊNDICE C- Resultado <i>post hoc</i> , teste de Tukey, para a associação entre o número de áreas mapeadas por seção de bens e de serviços ecossistêmicos e a categoria de parte interessada na Microbacia Hidrográfica Riacho das Piabas (Paraíba, Brasil)	104
APÊNDICE D- Resultado <i>post hoc</i> , teste de Tukey, para a associação entre o número de classes de bens e de serviços ecossistêmicos mapeadas e a forma de identificação da área que oferta bem e serviço do ecossistema (FA) e categoria de parte interessada (PI) na Microbacia Hidrográfica Riacho das Piabas (Paraíba, Brasil)	105
APÊNDICE E- Tipos de ambientes e seus respectivos números de áreas mapeadas por seção e classe de bens e serviços ecossistêmicos pelas partes interessadas (Comunidade - C; Técnico - T e Especialista - E) na Microbacia Hidrográfica Riacho das Piabas (Paraíba, Brasil)	106
ANEXO A- Parecer de aprovação do comitê de ética para execução da pesquisa.....	109

1- INTRODUÇÃO

A mudança no uso e ocupação da terra altera a dinâmica de ecossistemas e afeta a provisão de bens e serviços ecossistêmicos (exemplo: água potável, alimentos, conforto térmico, entre outros) (ROBINSON et al., 2013), que são utilizados pelos seres humanos, direta ou indiretamente, para manutenção da vida, do bem-estar físico, mental e espiritual humano e do desenvolvimento de atividades econômicas (HAILS; ORMERD, 2013; COSTANZA et al., 2014). Os bens oriundos de sistemas ecológicos são definidos como recursos contáveis e susceptíveis de serem avaliados monetariamente, enquanto que os serviços ecossistêmicos correspondem ao fluxo de matéria, de energia e de informação inerentes à estrutura e à dinâmica de ecossistemas que não são contáveis em unidade de massa (LA NOTTE et al., 2017).

As principais causas de mudança no uso e ocupação da terra em todo mundo correspondem ao crescimento populacional, à aglomeração humana e à concentração de atividades socioeconômicas em centros urbanos (ELMQVIST et al., 2013). Estima-se que 5 bilhões de pessoas viverão em cidades até o final de 2030 (FRAGKIAS et al., 2013), uma vez que o conjunto de elementos que constitui a infraestrutura multifuncional urbana são atrativos para o ser humano que busca melhores condições de vida (exemplo: trabalho, moradia, educação, saúde, entre outros) (DHYANI et al., 2018). No entanto, a realidade encontrada na zona urbana, normalmente, é oposta, pois a maioria das cidades populosas tem problemas de governança (CELINO; KOTOULAS, 2013). Os desafios resultantes de um mundo em crescente urbanização englobam a capacidade do ser humano em assimilar que é parte integrante e indissociável do sistema ecológico; de prever os padrões estruturais e funcionais de ecossistemas modificados (GROFFMAN et al., 2017); de planejar e regular o uso e ocupação territorial em consonância com a dinâmica dos ecossistemas (DHYANI et al., 2018); e de gerenciar conflitos sociais entre as partes interessadas (CORTINOVIS; GENELETTI, 2018).

É notório que os recursos naturais essenciais para a sobrevivência do ser humano e para a manutenção de suas atividades socioeconômicas, como água potável e solo fértil, são visados em seu estabelecimento territorial. Sendo assim, historicamente, foi comum a ocupação humana próxima a corpos hídricos, sobretudo, em regiões semiáridas. No Nordeste brasileiro, assim como em outros países em desenvolvimento, a ocupação humana, de modo geral, aconteceu sem planejamento, de forma desordenada e sem considerar os impactos negativos de ações humanas

na dinâmica ecológica local e na qualidade de vida e no bem-estar da população (ETCHEVARNE, 2000; EVANGELISTA, 2010; LIMA et al., 2013). Sendo assim, estudos sobre bens e serviços ecossistêmicos têm sido estimulados em todo o mundo, visto que aborda de forma explícita a ligação entre as necessidades socioeconômicas humanas e a integridade de ecossistemas (BALVANERA et al., 2012; COSTANZA et al., 2014; ANDREW et al., 2015; LA NOTTE et al., 2017; ROVA et al., 2018). Particularmente, a identificação e a valoração de bens e serviços ecossistêmicos são utilizadas para entender os ganhos e as perdas socioeconômicas resultantes de mudanças no uso e ocupação da terra (DE GROOT et al., 2012; MENDOZA-GONZÁLEZ et al. 2012; TOLESSA et al., 2017; YI et al., 2017), tendo aplicação prática para desenvolvimento de políticas públicas, identificação de áreas vulneráveis em que há bens e serviços de ecossistemas sensíveis a alteração ambiental, bem como corrobora com processos de educação ambiental e de sensibilização de cidadãos (DE GROOT et al., 2012; BAKER et al., 2013; GREEN et al., 2016; TOLESSA et al., 2017).

Diante do exposto, esta tese aborda bens e serviços ecossistêmicos, tendo a Microbacia Hidrográfica do Riacho das Piabas (MBHRP), Paraíba, Brasil, como área de estudo, para averiguar como a mudança no uso e ocupação da terra influencia a disponibilidade de bens e de serviços ecossistêmicos em uma microbacia hidrográfica predominantemente urbanizada inserida em zona de transição entre dois biomas brasileiros (Mata Atlântica e Caatinga) e para analisar as diferenças de percepção entre partes interessadas na área de estudo (exemplo: comunidade, gestores, técnicos e especialistas) acerca de benefícios oriundos do ecossistema e seu nível de importância. É oportuno mencionar que esta pesquisa foi motivada pela necessidade da comunidade residente na MBHRP e da Articulação pela Revitalização do Riacho das Piabas (Arrpia) em adquirir mais embasamento técnico-científico sobre a relevância social de bens e serviços ecossistêmicos provenientes do sistema hidrográfico Riacho das Piabas, afim de reivindicar às autoridades políticas locais a restauração e/ou a conservação da MBHRP. A Arrpia é constituída pela organização da sociedade civil e organização interinstitucional (UFPG, UEPB, igreja, entre outros), que desde de 2011 realiza atividades de educação ambiental (exemplo: caminhadas ecológicas) para sensibilizar a população sobre a relevância histórica e ambiental da MBHRP para a cidade de Campina Grande (Paraíba) e circunvizinhança, bem como estimula e apoio ações sociais e políticas e a realização de estudos científicos em prol da revitalização do

Riacho das Piabas e da melhoria da qualidade de vida de moradores de sua circunvizinhança (SOUSA, 2014).

1.1- HIPÓTESES

- Hipótese 1: há associação negativa entre a expansão urbana e a disponibilidade de bens e serviços ecossistêmicos.

Hipótese nula: não há associação entre a expansão urbana e a disponibilidade de bens e serviços ecossistêmicos.

- Hipótese 2: há diferença entre a percepção de partes interessadas (comunidade, técnico e especialista) quanto ao reconhecimento de tipos de classe e de seção de bens e serviços ecossistêmicos; da forma de identificação (específica ou genérica) de áreas do sistema ecológico que fornecem benefícios para o ser humano; e do nível de importância de bens e serviços do ecossistema.

Hipótese nula: não há diferença entre a percepção de partes interessadas acerca da identificação de bens e serviços ecossistêmicos.

1.2- OBJETIVOS

1.2.1- Objetivo geral

Analisar a mudança da disponibilidade de bens e serviços ecossistêmicos em função do uso e ocupação da terra, no período de 1989, 2007 e 2014; e a valoração social de benefícios prestados pelo sistema ecológico de uma microbacia hidrográfica predominantemente urbanizada.

1.2.2- Objetivos específicos

- Avaliar a relação entre a expansão urbana, no período de 1989, 2007 e 2014, e a oferta de bens e de serviços ecossistêmicos em uma microbacia hidrográfica majoritariamente urbanizada;

- Verificar bens e serviços ecossistêmicos mais afetados pelo processo de urbanização, durante o período de 1989, 2007 e 2014, em um sistema hidrográfico predominantemente urbanizado;
- Examinar diferenças e semelhanças de percepção entre as partes interessadas na área de estudo quanto ao reconhecimento de benefícios resultantes de bens e serviços ecossistêmicos para a população; à identificação social da localização geográfica de classes de bens e serviços do ecossistema; e ao nível de importância;
- Constatar áreas que ofertam menor e maior número de bens e serviços ecossistêmicos para a população residente na área de estudo;
- Analisar bens e serviços ecossistêmicos valorados pelas partes interessadas na área de estudo quanto ao nível de importância; e
- Averiguar as implicações dos achados dessa pesquisa para a gestão baseada em ecossistemas.

2- REVISÃO DE LITERATURA

2.1- BENS E SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS

A ideia de bens e de serviços oriundos da natureza que geram benefícios para o ser humano surgiu nas discussões acadêmicas, em meados da década de 1970, com a denominação de “serviços naturais” (*nature's services*) (WESTMAN, 1977). O termo “serviço ecossistêmico” (*ecosystem service*) começou a ser difundido na comunidade científica na década 1980 (EHRICH; MOONEY, 1983) e a partir desse período as publicações sobre essa temática aumentaram, sobretudo nos últimos 10 anos (ABSON et al., 2014; COSTANZA et al., 2014; MCDONOUGH et al., 2017). No entanto, a compreensão de que os aspectos abióticos e bióticos do ambiente, bem como suas interações são relevantes para as atividades socioeconômicas e que ofertam benefícios para o bem-estar humano, é muito mais antiga (COSTANZA et al., 2017).

Verifica-se ainda incongruência, na literatura, quanto a estrutura conceitual e terminológica de bens e serviços ecossistêmicos (BOEREMA et al., 2017). A pluralidade de interpretações dificulta a abordagem consistente de aplicação da referida temática, impossibilitando comparações eficazes em escala nacional e global (LA NOTTE et al., 2017). Há autores que distinguem serviços ecossistêmicos e serviços ambientais, sendo o primeiro definido como a contribuição direta e/ou indireta do sistema ecológico para o bem-estar humano e o segundo a contribuição dos seres humanos, intencional ou não, para a recuperação, a manutenção e/ou melhoria da dinâmica ecológica de um ecossistema (DERISSEN; LATACZ-LOHMANN, 2013).

As diferenças conceituais têm gerado sistemas de classificação pouco claros quanto aos serviços intermediários (serviço de apoio) e finais (contribuição dos ecossistemas para o bem-estar humano); e confusos em relação aos benefícios finais associados aos bens e serviços do ecossistema, resultando em categorias que se sobrepõem e geram dupla contagem. Diante do exposto, La Notte et al. (2017) propõem terminologias e conceito de bens e serviços ecossistêmicos baseados na estrutura em cascata, conforme a Teoria de Sistemas Ecológicos, que é fundamentada nos seguintes aspectos estruturais e funcionais do ecossistema: biomassa, interação e informação em redes ecológicas. Desta forma, sugere-se que bens e serviços ecossistêmicos sejam considerados separadamente, de modo que bens são contáveis em unidade

de massa (exemplo: volume de água para consumo ou uso doméstico, grama de cereais para consumo humano ou animal, entre outros), enquanto que serviços são os fluxos (matéria, energia e informação) oriundos do ecossistema (exemplo: purificação da água, sequestro de carbono, beleza cênica etc.) e que podem requerer entrada humana, ou seja, nesse conceito o ser humano é considerado parte integrante do sistema ecológico (LA NOTTE et al., 2017).

2.1.1- Principais sistemas de classificação de bens e serviços ecossistêmicos

Os primeiros sistemas de categorização de bens e serviços ecossistêmicos foram publicados em periódicos acadêmicos, no final da década de 1990 (exemplo: DAILY, 1997; COSTANZA et al., 1997) e em 2005 a classificação sugerida pela Avaliação Ecossistêmica do Milênio (*Millennium Ecosystem Assessment*) ficou mais acessível para o público em geral (COSTANZA et al., 2017). O relatório de Avaliação Ecossistêmica do Milênio, apoiado pela Organização das Nações Unidas, foi resultante de quatro anos de estudo, com a participação de mais 1.300 cientistas e objetivou analisar as consequências das alterações dos ecossistemas para o bem-estar humano e sugerir recomendações para os gestores públicos (MEA, 2005). Os bens e serviços ecossistêmicos, no sistema de classificação publicado pelo MEA (2005), são enquadrados em quatro categorias: serviços de provisão, de regulação, de suporte e culturais (MEA, 2005).

Os serviços de provisão são aqueles com capacidade de fornecer bens, como água potável para o consumo humano e/ou para a dessedentação de animais de produção e nativos, alimentos (frutos, sementes, raízes, mel, caça, pescado etc.), matéria-prima para geração de energia, fitofármacos, entre outros (MEA, 2005). Os serviços reguladores correspondem a processos ecossistêmicos que regulam as condições ambientais essenciais para manter a vida, exemplo: diluição de águas residuais, controle de enchentes e de erosão, regulação do clima, purificação da atmosfera, decomposição de resíduos orgânicos e controle de pragas e de doenças (MEA, 2005). Os serviços de suporte são processos ecossistêmicos fundamentais para a existência de outros serviços fornecidos pela natureza, como: serviço de habitat, que corresponde ao espaço adequado para a sobrevivência de plantas e de animais selvagens, auxiliando na manutenção da diversidade biológica, funcional e genética (MEA, 2005). Os serviços culturais compreendem os benefícios

oferecidos pela dinâmica ecológica com fins educacionais, recreativos, espirituais e beleza cênica (MEA, 2005).

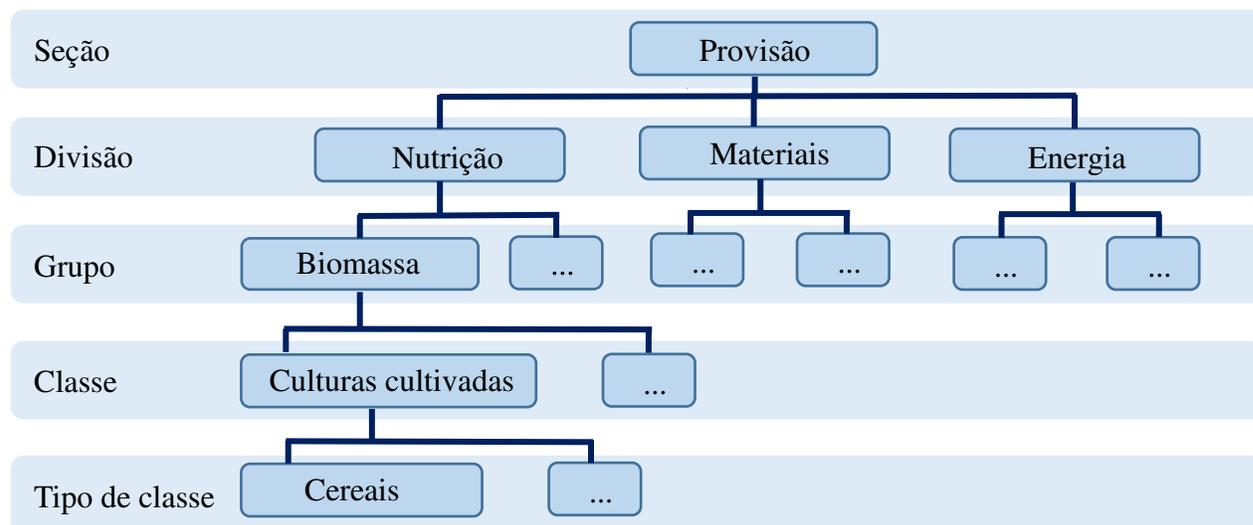
O sistema de classificação sugerida pela MEA (2005), para alguns especialistas na área, não é mais considerado uma taxonomia satisfatória, contudo, foi importante para construir a base para o desenvolvimento de pesquisas e a aplicações do conhecimento de bens e serviços ecossistêmicos em processo de tomada de decisão (COSTANZA et al., 2017). Observou-se que a categoria de serviços de suporte gera dupla contagem (TEEB, 2010) impossibilitando identificar, mapear e avaliar com clareza a entrega ou a contribuição real de serviços ecossistêmicos para os humanos (LA NOTTE et al., 2017); por exemplo: a biodiversidade, avaliada pela classificação do MEA (2005) como serviço de suporte, é um serviço intermediário relevante para a oferta do serviço final experiências com espécies e paisagens ou estudo científico e atividades educacionais. Diante do exposto, outras classificações sugeriram para minimizar ou eliminar a dupla contagem (exemplo: *The Economics of Ecosystems and Biodiversity* - TEEB; *The Final Ecosystem Goods and Services Classification System* - FECS-CS; *National Ecosystem Services Classification System* - NESCS; *The Common Classification of Ecosystem Services* - CICES, entre outros) (COSTANZA et al., 2017).

O sistema de classificação mais popular, atualmente, sobretudo na Europa, é a Classificação Comum dos Serviços Ecossistêmicos (*The Common Classification of Ecosystem Services* - CICES) (COSTANZA et al., 2017), que foi desenvolvida pela Agência Europeia do Ambiente (*European Environment Agency* - EEA) e surgiu no contexto da contabilização ambiental e econômica; hoje está sendo conduzida pela Divisão de Estatística das Nações Unidas (*United Nations Statistical Division* - UNSD) (HAINES-YOUNG; POTSCHIN, 2018). CICES almeja desenvolver uma classificação internacional comum, a fim de facilitar a contabilização, mapeamento e avaliação de bens e serviços ecossistêmicos, bem como a comparação de dados (HAINES-YOUNG; POTSCHIN, 2018).

CICES agrupa bens e serviços ecossistêmicos em três seções: serviços de provisão; de regulação e manutenção; e culturais (HAINES-YOUNG; POTSCHIN, 2018), unindo em uma categoria denominada de “serviços de regulação e manutenção” o serviço de habitat sugerido pelo TEEB (2010) com serviços de regulação. Adicionalmente, é organizada a partir de estrutura de cascata, em 5 subdivisões (seção, divisão, grupo, classe e tipo de classe; exemplo: Figura 1) e considera os elementos abióticos, bióticos do ambiente e suas interações (HAINES-YOUNG;

POTSCHIN, 2018). A versão atualizada CICES foi disponibilizada em janeiro de 2018 (versão 5.1) e consiste no resultado de experiências de seus usuários e da revisão da estrutura CICES versão 4.3 (HAINES-YOUNG; POTSCHIN, 2013).

Figura 1- Exemplo da estrutura hierárquica CICES, versão 5.1



Fonte: Adaptado de Haines-Young e Potschin (2018)

2.2- INTERAÇÕES ENTRE BENS E SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS

A intervenção humana no ambiente, intencional ou não, interfere nas interações entre elementos bióticos e abióticos, podendo resultar em relações do tipo ganha-e-ganha (sinergia), ganha-e-perde ou perde-e-ganha (*trade-off*) (HAILS; ORMEROD, 2013; JIA et al., 2014). A sinergia ocorre quando há melhoria da qualidade de um bem ou de um serviço prestado pela natureza que altera positivamente outro (s), como exemplo: a restauração da mata ciliar às margens de um corpo hídrico favorece o controle de erosão e de enchentes, a melhoria da qualidade da água e o aumento da biodiversidade (BENNETT; PETERSON; GORDON, 2009). O *trade-off* resulta da correlação negativa entre funções ou processos ecossistêmicos, por exemplo, a melhoria na qualidade da pastagem para o rebanho a partir do uso de fertilizantes provoca diminuição da diversidade de gramíneas silvestres (BULLOCK et al., 2011).

Diante do exposto, Jia et al. (2014) verificaram as relações de *trade-offs* e de sinergias de serviços ecossistêmicos e examinaram como eles se comportam com as mudanças do uso e de ocupação da terra, no limite geográfico de um grande programa de conservação de ecossistemas

da China, *Grain-for-Green Program* (GFGP), sendo investigados dois anos: (i) 2000, a área de estudo era ocupada por pastagem e por agricultura e (ii) 2008, a mesma área, porém em processo de restauração e de regeneração natural oriundo de ações do GFGP. Os pesquisadores investigaram e quantificaram os seguintes serviços ecossistêmicos, através de sensoriamento remoto a bordo de satélites (imagens de satélite) e de sistema de informação geográfica (SIG): conservação da terra (grau de erosão), escoamento superficial da água (diferença entre evapotranspiração e precipitação), evapotranspiração e produtividade primária líquida (sequestro de carbono), em três tipos de agrupamentos de área de transição: terras de cultivo para áreas florestais; terras de cultivo para arbustos e terras de cultivo para pastagens (gramíneas) (JIA et al., 2014). Os autores verificaram que os serviços ecossistêmicos apresentaram alterações resultantes das ações de conservação do GFGP, haja vista que com a implantação do referido programa GFGP, por exemplo, a erosão foi gradualmente controlada, ocorrendo relação de ganha-e-ganha. Ademais, foi registrado que a conservação da terra, a retenção de água no solo e a evapotranspiração apresentam correlação positiva e significativa com a produtividade primária líquida (serviço de ciclagem de carbono) em todas as áreas de transição estudadas. Já o serviço ecossistêmico de regulação de gás carbônico na atmosfera foi correlacionado positivamente com a evapotranspiração apresentando sinergia e negativamente correlacionado com o escoamento superficial da água, ocorrendo *trade-off*, sugerindo que o processo de crescimento da vegetação aumenta o sequestro de carbono e diminuiu a disponibilidade de água escoada superficialmente (JIA et al., 2014).

Diante do exposto, fica evidente que identificar e compreender as interações entre os bens e serviços ecossistêmicos, sobretudo na proporção que o uso e a ocupação da terra são alterados pela ação antrópica, auxilia o processo de mudança ou de adequação da gestão e do gerenciamento ambiental local, regional e global de recursos naturais (WHITE; HALPERN; KAPPEL, 2012; JIA et al., 2014). Desta forma, as perdas socioeconômicas são evitadas e/ou minoradas e a gestão e o gerenciamento serão baseados em soluções eficientes e eficazes para minimizar as relações em que há relação perda de benefícios resultantes do ecossistema e para maximizar relações ecológicas do tipo ganha-e-ganha (WHITE; HALPERN; KAPPEL, 2012). Neste contexto, a temática de bens e serviços ecossistêmicos é vislumbrada como um dos instrumentos facilitadores de mudança de paradigma teórico-prático econômico e para a transformação da estrutura da sociedade rumo a sustentabilidade ambiental (ABSON et al., 2014;

COSTANZA et al., 2014; LUEDERITZ et al., 2015; COSTANZA et al., 2017), bem como expressa os visíveis esforços da comunidade científica em pesquisar métodos para internalizar o que antes era considerado externalidade (dimensão ambiental) nas decisões políticas e para o sistema mercantil (DE GROOT et al., 2012; HAILS; ORMEROD, 2013; WILLEMEN et al., 2013).

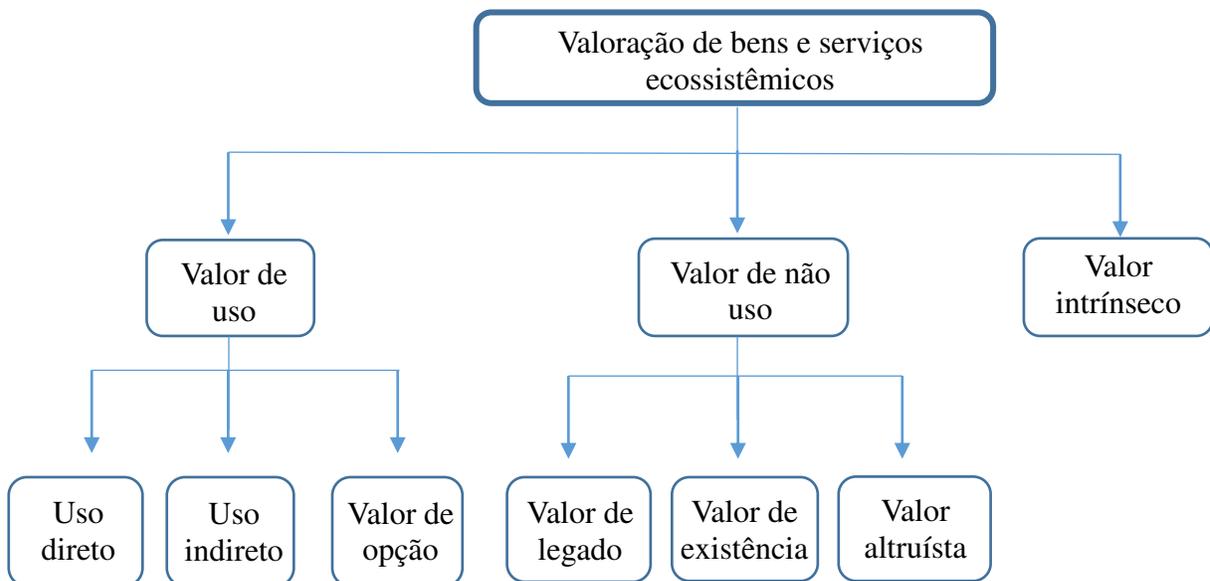
2.3- VALORAÇÃO DE BENS E SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS

O ser humano é objeto ético que influencia a evolução da vida na biosfera e também é sujeito ético, consciente e hábil para julgar suas ações (ROSA, 2009). Sendo assim, o sistema econômico, como componente social, deveria ser uma forma exclusiva da humanidade de contribuir para a evolução da biosfera (ROSA, 2009), uma vez que o sistema mercantil se compõe de processos ecológicos como: consumo de recursos naturais, transformação da matéria-prima e devolução dos rejeitos à natureza (COSTANZA et al., 1997; ROSA, 2009; KALLIS; GÓMEZ-BAGGETHUN; ZOGRAFOS, 2013). Diante do exposto, é evidente o potencial humano em valorar, ética e economicamente, os bens e serviços ecossistêmicos (COSTANZA et al., 2014).

A valoração monetária estimada de bens e serviços ecossistêmicos é considerada por alguns acadêmicos como um incentivo a privatização da natureza e que não há certeza que a mesma fomentará a ética da Terra e a justiça social (HAILS; ORMEROD, 2013; WILLEMEN et al., 2013). Por outro lado, assumir tal assertiva pode ser um equívoco, pois o ser humano já valoriza os bens e serviços dos ecossistemas, mas a avaliação é implícita na preferência social (COSTANZA et al., 2014). Adicionalmente, é útil reconhecer o valor monetário estimado de bens e serviços do ecossistema para gestão, sobretudo quando incorpora incentivo financeiro como o sistema de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), em que é acordado que o protetor de um ou mais bens e serviços ecossistêmicos receba recurso financeiro por proporcionar a manutenção e disponibilidade de benefícios oriundos do ecossistema para a população, assim como é relevante para a comunicação para o público em geral dos benefícios em conservar ou restaurar ambientes que ofertam bens e serviços do ecossistema e para auxiliar a tomar melhores decisões (COSTANZA et al., 2014). No entanto, deve-se assumir as incertezas e limitações (COSTANZA et al., 2014).

De modo geral, a valoração de bens e serviços ecossistêmicos pode ser agrupada em: valor de uso, valor de não uso e valor intrínseco (Figura 2). O valor de uso refere-se à valoração de benefícios que bens e serviços oriundos do ecossistema oferecem ao ser humano, podendo ser dividido em: valor de uso direto, valor de uso indireto e valor de opção. O valor de uso direto refere-se ao uso humano direto de recursos naturais, que pode ser subdividido em consumíveis (ex.: serviços de provisão) ou não consumíveis (ex.: serviços culturais). O valor de uso indireto corresponde à valoração da contribuição que serviços reguladores e de suporte fornecem ao ser humano. O valor de opção compreende a importância que o indivíduo direciona a disponibilidade futura de bens e de serviços ecossistêmicos para benefício individual (PASCUAL; ROLDAN, 2010; GUEDES; SEEHUSEN, 2011; DAVIDSON, 2013).

Figura 2- Tipos de valoração de bens e serviços ecossistêmicos



Fonte: Pesquisa aplicada (2018)

O valor de não uso é atribuído por seres humanos, independentemente, que os mesmos sejam beneficiados (GUEDES; SEEHUSEN, 2011). A valoração de não uso pode ser subdividida em: valor de legado, valor altruísta e valor de existência (PASCUAL; ROLDAN, 2010). O valor de legado corresponde à preocupação de equidade intergeracional, em que o valor é determinado por pessoas para que as futuras gerações também possam ter acesso aos benefícios que a biodiversidade e os ecossistemas podem proporcionar. O valor altruísta compreende a

preocupação de equidade intragerencial, correspondendo ao valor fixado por indivíduos para que outros seres humanos da atual geração também tenham acesso. O valor de existência refere-se ao valor dado por pessoas em relação à satisfação de saber que as espécies e os ecossistemas continuarão a existir (PASCUAL; ROLDAN, 2010; GUEDES; SEEHUSEN, 2011; DAVIDSON, 2013). O valor intrínseco é baseado em aspectos deontológicos e éticos humanos, que não pode ser valorado monetariamente. Sendo assim, é definido como a contribuição da biodiversidade e de processos ecológicos em manter a dinâmica e a integridade de um dado ecossistema, independente da visão antropocêntrica, bem como corresponde ao valor *per se* de cada espécie (GUEDES; SEEHUSEN, 2011).

O mapeamento de bens e de serviços ecossistêmicos e o estudo biofísico de seus elementos auxiliam a visualização espacial dos bens e serviços oferecidos pela natureza e o conhecimento acerca de sua integridade ecológica, que quando atrelada a valoração é possível identificar áreas prioritárias para manejo, para conservação ou para preservação, o que facilita a comunicação entre grupos de interesse e gestores públicos (HÄYÄ et al., 2015). Adicionalmente, os processos e as funções de ecossistemas apresentam caráter biofísico, portanto não são influenciados pela percepção de grupos de interesse (*stakeholders*), em contrapartida os benefícios oferecidos pela natureza ao ser humano dependem de sua opinião, podendo ter aspectos subjetivos (ABSON; TERMANSEN, 2011). Os ecossistemas são dinâmicos, de modo que após uma perturbação oriunda de eventos físicos e químicos naturais (deslizamentos, tempestades, furações, queimadas naturais etc.) e/ou de ações antropogênicas (queimadas acidentais, planejadas ou criminosas e desmatamento) o sistema ecológico estabelece nova ordem ecológica, de maneira que parte do capital natural pode ser perdido (BURKHARD; FATH; MÜLLER, 2011).

É oportuno ressaltar que a estimativa de valor monetário de um dado bem ou serviço ecossistêmico varia de acordo com o método de valoração, sendo relevante explicitar qual o método utilizado (SPANGENBERG; SETTELE, 2010; HÄYÄ et al., 2015), bem como os grupos de interesse (*stakeholders*) envolvidos no processo de valoração de serviços ecossistêmicos (ABSON et al., 2014). Neste contexto, tem sido comum o uso do Valor Econômico Total (VET) que possui como unidade de medida o valor monetário, abarcando os bens e serviços ecossistêmicos na visão de capital natural. O VET consiste na soma do valor de uso (VU) e do valor de não uso (VNU) de um dado bem ou serviço ecossistêmico (PEARCE, 1993). Para

estimar o valor monetário de VU e de VNU se tem utilizado o Método do Preço de Mercado, o Método do Custo de Substituição e a Método de Valoração Contingente (HÄYHÄ et al., 2015).

O Método do Preço de Mercado é indicado para estimar o valor monetário de bens e de serviços ecossistêmicos bem definidos e que já apresentam valor estabelecido no mercado, como exemplo: madeira, frutas, verduras, grãos, entre outros (DASGUPTA; DURAIAPPAH, 2012). O Método do Custo de Substituição consiste na valoração monetária estimada de um determinado serviço ecossistêmico a partir do custo de sua substituição (DIXON et al., 1997). Enquanto que o Método de Valoração Contingente (MVC), comumente, é utilizado para estimar o valor monetário de não uso de um dado bem ou serviço ecossistêmico, de modo que um número significativo de pessoas é entrevistado e confrontado com uma realidade hipotética, em que devem indicar a sua disposição a pagar (DAP) pela conservação e/ou pela preservação de um dado bem ou serviço ecossistêmico (MITCHELL; CRASON, 1989).

2.3.1- Pagamentos por Serviços Ambientais

O Pagamento por Serviços Ambientais é um dos instrumentos que abarcam os aspectos ambientais, sociais e econômicos mais discutidos, simulados e utilizados recentemente, uma vez que está alicerçada na visão sustentável do manejo de ecossistemas (GUEDES; SEEHUSEN, 2011; HAILS; ORMEROD, 2013). Esse instrumento é baseado no princípio “protetor - receptor”, ou seja, aquele que preserva ou conserva recursos naturais ou ocupa e usa a terra de modo sustentável recebe recursos financeiros por manter e por proporcionar a disponibilidade de bens e serviços ecossistêmicos (GUEDES; SEEHUSEN, 2011; DERISSEN; LATACZ-LOHMANN, 2013). É um processo em geral voluntário, com bem ou serviço ecossistêmico bem definido e com no mínimo um comprador pré-determinado; em geral, empresas com finalidade de melhorar a imagem do empreendimento e/ou o poder público tem interesse em pagar aos proprietários que recuperam e/ou mantem bens e serviços ecossistêmicos (GUEDES; SEEHUSEN, 2011).

Há quatro tipos de mercados para bens e serviços ecossistêmicos que são mais comercializados no mundo: PSA - Carbono, PSA - Biodiversidade, PSA - Água e PSA - Beleza cênica. O PSA - Carbono foi o primeiro mercado estimulado a partir da perspectiva de mudanças climáticas, sendo firmado na compra de tonelada de carbono sequestrado ou não emitido. PSA -

Biodiversidade é pago por hectare de habitat protegido, que abrange áreas importantes para a manutenção de diversidade biológica, funcional ou genética singular ou paga-se por espécie. A comercialização do PSA - Água é alicerçada na revitalização e/ou manutenção da quantidade e da qualidade de água para consumo humano ou dessedentação de animais, assim como para a recreação e para a restauração de áreas de preservação permanente (APPs) e o PSA - Beleza cênica é baseado no mercado turístico ou atividades de recreação (GUEDES; SEEHUSEN, 2011).

No Brasil, existem ações pontuais do poder público, através de programas governamentais, como é o caso do estado de São Paulo com a Política Estadual de Mudanças Climáticas (Lei nº13.798, de 9 de novembro de 2009); do Rio de Janeiro com o Decreto nº 42.029, de 15 de junho de 2011, instituindo o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA); de Santa Catarina, Decreto nº 15.133, de 19 de janeiro de 2010, que dispõem sobre a Política Estadual de Serviços Ambientais; e da Paraíba, Lei nº 10.165, de 25 de novembro de 2013, que institui a Política Estadual de Pagamento por Serviços Ambientais (PEPSA). Desta forma, nesses estados, preservar, conservar e manejar adequadamente a dinâmica ecológica de remanescentes florestais e hídricos gera renda para os proprietários rurais. No âmbito nacional o Projeto de Lei nº 1.326 foi enviado em 2011 para a apreciação do Congresso Nacional com objetivo de estabelecer a Política Nacional de Bens e Serviços Ambientais e Ecosistêmicos - PNBASAE.

Os proprietários rurais beneficiados pelo Pagamento por Serviços Ambientais recebem incentivo financeiro e capacitações para melhorar a produtividade da atividade que exerce em seu território (ex.: plantio e criação de animais) e as condições de trabalho (ex.: uso de equipamento de proteção individual e trabalho com carteira assinada), utilizando de modo sustentável os recursos naturais (GUEDES; SEEHUSEN, 2011). Sendo assim, são agregados valores ambientais e sociais em suas atividades econômicas sem diminuir a produção ou o ganho monetário (GUEDES; SEEHUSEN, 2011). O restabelecimento da integridade de bens e de serviços ecossistêmicos tem disponibilizado melhores qualidades de ar, de água, de alimentos, assim como possibilita a contemplação da beleza cênica e recreação que são essenciais para a saúde física, mental e social do indivíduo e da comunidade humana, diminuindo os gastos dos cofres públicos para a saúde pública (PHILIPPI JR; MALHEIROS, 2005).

É notório que existem de ideias antagônicas entre membros da comunidade científica acerca da eficiência do PSA, principalmente em longo prazo, uma vez que se trata de bens e de

serviços ecossistêmicos de caráter tipicamente públicos e de difícil valoração, o que pode ser um empecilho para que a pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, tomem decisões éticas ou morais adequadas acerca das problemáticas ambientais e não apenas paguem pelos danos causados ou que possam ser causados por suas atividades econômicas (DERISSEN; LATACZ-LOHMANN, 2013; KALLIS; GÓMEZ-BAGGETHUN; ZOGRAFOS, 2013). Diante do exposto, por se tratar de bens e de serviços público é necessário que as tomadas de decisões apresentem caráter de debate aberto, por meio de discussões democráticas, antes que a decisão seja efetivada (BUNSE; RENDON; LUQUE, 2015). Sendo assim, para garantir o contínuo fluxo de benefícios que os recursos naturais proporcionam à sociedade, deve-se estimular a comunicação entre os diversos atores sociais locais e a sensibilização da população sobre as atuais incongruências de sua relação com o ambiente, de maneira que os indivíduos possam compreender os lucros financeiros, ambientais, sociais e para a saúde inerente de um ambiente em consonância com as atividades econômicas locais (PHILIPPI JR; MALHEIROS, 2005; WILLEMEN et al., 2013; LUEDERITZ et al., 2015).

2.4- ÁREAS URBANAS E BENS E SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS

A concentração populacional e a ocupação humana desordenada, comum em países em desenvolvimento, associada a perda de habitat e fragmentação florestal pode causar impactos duradouros ou irreversíveis ao ambiente e, conseqüentemente, à qualidade de vida da sociedade (DHYANI et al., 2018). Os ambientes densamente povoados, de modo geral, são mais vulneráveis a desastres ambientais, são menos resilientes que os ambientes naturais (JOERIN; RAJIB, 2011; DHYANI et al., 2018), apresentam elevada demanda por bens e serviços ecossistêmicos (SOLECKI; SETO; MARCOTULLIO, 2013) e possuem reduzida capacidade de manter bens e serviços ofertados pela natureza, estando dependentes do sistema ecológico de áreas rurais circunvizinhas (HAILS; ORMEROD, 2013).

Verifica-se que o declínio de áreas verdes resultante de processo de expansão urbana, tende a gerar impactos negativos, por exemplo, nos recursos hídricos (HÜMANN et al., 2011), na regulação do microclimática (SCHNEIDER; LOGAN; KUCHARIK, 2012) e no estoque de carbono (ISLAM; DEB; RAHMAN, 2017), bem como na infiltração de água no solo, elevando o escoamento superficial que potencializa o deslocamento de partículas da camada superior da terra

(erosão) (HÜMANN et al., 2011; CHEN et al., 2017) e inundações (SCHNEIDER; LOGAN; KUCHARIK, 2012). Ademais, a impermeabilização da terra (pavimentação), o uso de concreto e o tamanho das edificações em áreas urbanas pode promover maior retenção de calor, e conseqüentemente desconforto térmico e problemas de saúde (SCHNEIDER; LOGAN; KUCHARIK, 2012; QAID et al., 2016).

As tomadas de decisões acerca do uso e ocupação da terra em cidades durante o planejamento espacial determinam os bens e serviços ecossistêmicos que o ambiente construído irá ofertar para a população (CORTINOVIS; GENELETTI, 2018). Desta forma, a abordagem de bens e serviços ecossistêmicos urbanos auxilia a reconexão da dinâmica de espaços urbanos com a biosfera (DHYANI et al., 2018) e é fundamental para o desenvolvimento urbano sustentável (CORTINOVIS; GENELETTI, 2018). Portanto, identificar a gama de bens e serviços do sistema urbano e delimitar estratégias explícitas para reconhecer a oferta e a demanda de recursos naturais podem aumentar e fortalecer argumentos para lidar com situações conflitantes entre partes interessadas (CORTINOVIS; GENELETTI, 2018).

2.5- GESTÃO BASEADA EM ECOSISTEMAS

A gestão baseada em ecossistema surge na década de 80 e considera o ser humano como parte integrante e indissociável do sistema ecológico, transcendendo a gestão tradicional que é direcionada para uma única espécie ou área (LESLIE; MCLEOD, 2007; LAYZER, 2012). Na década de 90, o interesse político prevaleceu nas etapas de gestão baseada em ecossistema terrestre, de modo que as necessidades socioeconômicas humanas sobressaíram as atividades focadas na integridade ecológica e sustentabilidade do sistema terrestre, conseqüentemente, a gestão baseada em ecossistema começou a ser pouco aplicada em ambientes terrestres (LAYZER, 2012). No entanto, cresceu a implantação da gestão baseada em ecossistemas com o objetivo de conservação de recursos naturais e de gerenciamento das atividades humanas potencialmente impactantes em ambientes marinhos (MCLEOD et al., 2005). No início do século XXI a gestão baseada em ecossistemas foi considerada a melhor ferramenta de manejo de recursos naturais de ambientes terrestres e aquáticos em todo o mundo (MEA, 2005).

Ao longo da história registra-se muitas definições sobre gestão baseada em ecossistemas (GRUMBINE, 1994; PRICE; ROBURN; MACKINNON, 2009; LONG; CHARLES;

STEPHENSON, 2015), sendo um conceito ainda em evolução (LONG; CHARLES; STEPHENSON, 2015). No entanto, é possível elencar os seguintes princípios-chave da gestão baseada em ecossistemas no presente: considerar as conexões do ecossistema; definir a escala espaço-temporal; gestão adaptativa; usar o conhecimento científico adequado para a localidade; gestão integrada; envolver grupos de interesse; responsabilidade pela dinâmica natural dos ecossistemas; integridade ecológica e biodiversidade; sustentabilidade; reconhecer a interação de sistemas social-ecológicos; o processo de tomada de decisão reflete a escolha da sociedade; limites distintos; interdisciplinaridade; monitoramento; e reconhecimento da incerteza (LONG; CHARLES; STEPHENSON, 2015).

Particularmente, a interdisciplinaridade promove interação efetiva entre saberes buscando o mútuo enriquecimento entre as áreas do conhecimento, não aniquilando a necessidade e a importância do conhecimento disciplinar, apenas auxiliando o aprofundamento da problemática ambiental estudada a partir de uma perspectiva holística e sistêmica (ALVARENGA et al., 2011). Nesta perspectiva, é primordial que a estratégia da gestão baseada em ecossistema englobe e integre múltiplas dimensões do saber para compreender as particularidades da dinâmica do ecossistema e das comunidades humanas (PRICE; ROBURN; MACKINNON, 2009; LONG; CHARLES; STEPHENSON, 2015), a fim de planejar e gerenciar as atividades antrópicas que, direta ou indiretamente, impactam o ecossistema marinho e/ou terrestre (GUERRY, 2005; LESLIE; MCLEOD, 2007; LAYZER, 2012; LONG; CHARLES; STEPHENSON, 2015) e consequentemente influenciam a disponibilidade e a qualidade dos benefícios oriundos de bens e serviços ecossistêmicos para o ser humano (BURKHARD; FATH; MÜLLER, 2011; ROBINSON et al., 2013). Além disso, a gestão baseada no sistema ecológico apresenta objetivos de gestão bem definidos e estratégias de gestão organizadas a partir do melhor conhecimento disponível sobre sistemas ecológicos; considera as incertezas e limitações do saber; e ajusta as etapas de planejamento e manejo às necessidades e às características locais (PRICE; ROBURN; MACKINNON, 2009).

A manutenção da estrutura e de processos biogeoquímicos de ecossistemas é prioridade na gestão baseada em ecossistemas, uma vez que é relevante para o bom funcionamento do ecossistema e para garantir a oferta de bens e serviços ecossistêmicos que proporcionam benefícios econômicos, culturais e para o bem-estar humano a longo prazo (MCLEOD et al., 2005; BURKHARD; FATH; MÜLLER, 2011). Neste contexto, a identificação, o mapeamento de

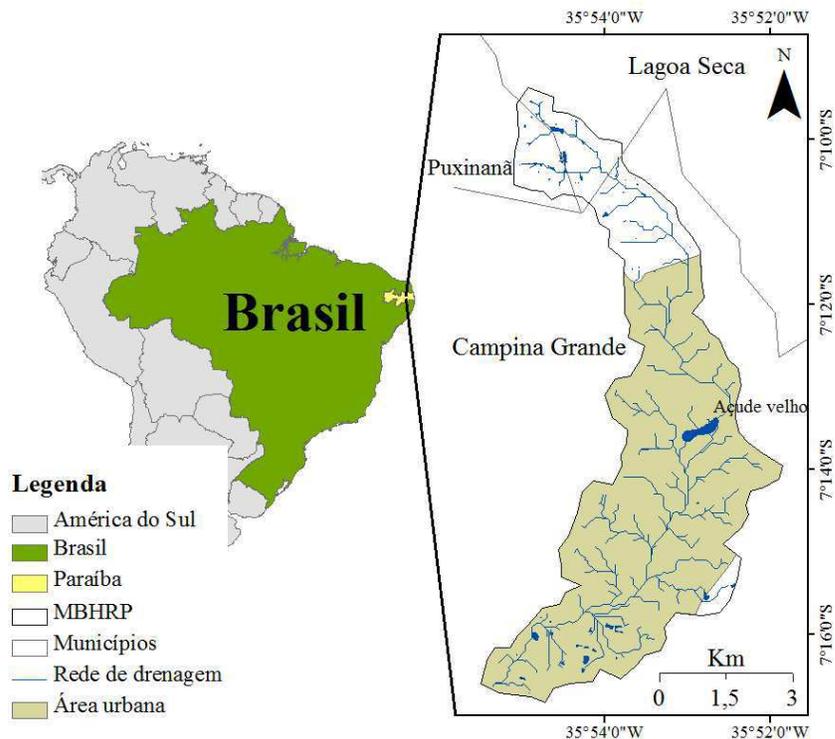
oferta e demanda e a análise da interação de sinergia e *trade-off* de bens e serviços ecossistêmicos são fundamentais na implementação de gestão baseada em ecossistema (ROVA et al., 2018). Wasson et al. (2015) abordam os seguintes desafios na implantação da gestão baseada em ecossistemas: dificuldade da dinâmica de colaboração interdisciplinar, devido aos valores culturais e profissionais distintos; ausência ou insuficiência de clareza nas funções e nas responsabilidades entre as participantes interessadas; o processo é custoso em tempo e em recurso humano; impossibilidade de abordagem simultânea de múltiplas escalas geográficas e jurisdicionais; e a identificação e a compreensão dos elementos ambientes impulsionadores e processos ecossistêmicos pode alterar de modo rápido ao longo do tempo, visto a complexa dinâmica do ecossistema.

3- MATERIAL E MÉTODOS

3.1- ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi desenvolvido na Microbacia Hidrográfica Riacho das Piabas, MBHRP (Figura 3) localizada no nordeste brasileiro, especificamente na mesorregião do Agreste Paraibano e microrregião de Campina Grande (AESAs, 2010). A MBHRP está inserida na segunda maior bacia hidrográfica do Estado da Paraíba (Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba), que se estende do Sertão ao Litoral e é considerada a mais importante socioeconomicamente, uma vez que abriga cerca de 52% da população e abarca as duas maiores cidades do Estado, a capital João Pessoa e Campina Grande (AESAs, 2010). A área de estudo possui 3.659,82 hectares (ha) e abrange três municípios paraibanos: Puxinanã (5% do território da MBHRP), Lagoa Seca (6% do território da MBHRP) e Campina Grande (89% do território da MBHRP) (SOUSA, 2014). Este último município detém a segunda cidade mais populosa do estado e a mais relevante do Agreste nordestino brasileiro por ser centro industrial, tecnológico e educacional (LIMA et al., 2013).

Figura 3- Localização da Microbacia Hidrográfica Riacho das Piabas (Paraíba, Brasil)



Fonte: Pesquisa aplicada (2018)

A MBHRP está localizada em área ecotonal (região de transição territorial de dois ou mais biomas limítrofes) denominado Agreste, que corresponde a zona de transição ecológica entre a vegetação Ombrófila Aberta e Savana Estépica (bioma Mata Atlântica e Caatinga, respectivamente), em que sobressai na paisagem plantas caducifólias com ocorrência de flora xerófita (AESAs, 2010; MORO et al., 2016). O clima desta região conforme a classificação Köppen-Geiger (KOTTEK et al., 2006) é quente e úmido, com estação seca no verão. Entre 1993 e 2014, a temperatura máxima e mínima média anual corresponderam a 29°C e 23°C, respectivamente, com umidade relativa do ar em torno de 74% (INMET, 2015). A precipitação pluviométrica anual é de aproximadamente 800mm e o período de maior precipitação geralmente ocorre entre os meses de março e junho (MACEDO; GUEDES; SOUSA, 2011).

A geomorfologia na região é caracterizada pelo Planalto da Borborema com formas tabulares e convexas e os tipos de solos predominantes são planossolo nos trechos médio e jusante e neossolo nas cabeceiras (EMBRAPA, 2013). A combinação de clima e geomorfologia resultou em uma região dominada por terras não cultiváveis, com limitações para culturas permanentes e terrenos íngremes suscetíveis à erosão (AESAs, 2010). A previsão climática para o semiárido brasileiro indica aumento da temperatura e diminuição das chuvas no século XXI, acarretando em maior risco de desertificação e impactos socioeconômicos (por exemplo: VIEIRA et al., 2015; MARENGO; TORRES; ALVEZ, 2017).

Historicamente, os "Tropeiros da Borborema" (comerciantes de viagens tradicionais da região) se estabeleceram ao longo das margens do Riacho das Piabas atraídos pelo fácil acesso à água potável e à disponibilidade de pastagem para cavalos e burros; ativos importantes para a época no Agreste (CÂMARA, 2006). Os assentamentos humanos deram origem a cidade de Campina Grande, a área de cultivo de algodão mais importante no Brasil no início do ano de 1900 (CÂMARA, 2006; LIMA et al., 2013). Os períodos de seca são frequentes e causam impacto socioeconômicos na região. A seca de 1824-1828 resultou na transformação do Riacho das Piabas em reservatório de água (chamado Açude Velho) para abastecer Campina Grande e cidades circunvizinhas. Devido à degradação da qualidade da água, o Açude Velho não é mais usado como suprimento para consumo humano, mas ao longo do tempo tornou-se patrimônio histórico e cultural da cidade (CÂMARA, 2006; LIMA et al., 2013).

A ocupação humana no MBHRP foi principalmente não planejada e desconsiderou os impactos na dinâmica ecológica local, semelhante a outros locais da região nordeste do Brasil e

outros países em desenvolvimento (EVANGELISTA, 2010). Os setores médios e jusante da MBHRP são urbanizados e/ou canalizados, a rede hídrica principal é poluída e há presença de moradias irregulares nas áreas destinadas a preservação permanente (SOUSA, 2014). O setor a montante do MBHRP é principalmente rural; apresenta atividades pastoris e agrícolas, sobretudo de subsistência; assim como há fragmentos de florestas secundárias, trechos sem vegetação ripária (SOUSA, 2014) e construção de pequenas barragens não regulamentadas dentro de propriedades privadas.

Diante do exposto, mobilizações sociais têm ocorrido em prol da melhoria da qualidade ambiental e de vida da população residente na circunvizinhança da MBHRP, especialmente, a partir do ano 2011, quando foi criada a Articulação pela Revitalização do Riacho das Piabas (Arrpia) resultante da organização da sociedade civil e de organização interinstitucional (Universidade Federal de Campina Grande, Universidade Estadual da Paraíba, Convento Franciscano, escolas públicas e privadas, entre outras) (SOUSA, 2014). A mobilização social e as ações da Arrpia (promoção de caminhadas ecológicas, solicitação de limpeza de trecho do Riacho das Piabas a Secretaria de Serviços Urbanos e Meio Ambiente do município e atividades de educação ambiental nas escolas públicas) culminou em iniciativa política no município de Campina Grande como a inclusão do sistema hidrográfico do Riacho das Piabas na plataforma política de candidatos à prefeitura do município; como exemplo, a promessa, em 2013, de criação do Jardim Botânico de Campina Grande localizado no Sítio Louzeiro (zona periurbana da MBHRP), que contribuirá para a restauração ecológica e conservação ambiental de trecho do Riacho das Piabas (SOUSA, 2014). Em agosto de 2014 foi firmado o compromisso como o secretário de Planejamento do município de Campina Grande (Secretaria de Planejamento de Campina Grande - SEPLAN) para a elaboração de edital público visando a revitalização do Riacho da Piabas. Contudo, ambos projetos políticos ainda não foram implementados por falta de financiamento e de parâmetros técnicos.

3.2- PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

3.2.1- Influência do uso e ocupação da terra na disponibilidade de bens e serviços ecossistêmicos

3.2.1.1- Classificação do uso e ocupação da terra

A classificação do uso e ocupação da terra foi baseada no índice de vegetação por diferença normalizada - IVDN (*Normalized Difference Vegetation Index - NDVI*), que é utilizado tanto para o monitoramento quanto para comparações interanuais de cobertura vegetal (JENSEN, 2006). O IVDN foi obtido por meio da análise de imagens capturadas pelo satélite Landsat 5 (*Land Remote Sensing Satellite*)/TM (*Thematic Mapper*) para os anos de 1989 e de 2007 e do satélite Landsat 8/OLI (*Operational Land Imager*) e TIRS (*Thermal Infrared Sensor*) para o ano de 2014. O processo de classificação das imagens foi validado através de visitas em campo para verificar a correspondência entre os resultados do processamento digital e a área de estudo. Sendo assim, utilizou-se 60 pontos geográficos de controle obtidos aleatoriamente com auxílio do *Global Navigation Satellite System*, GNSS (Sistema de Navegação Global por Satélite), usando o GPSMAP Garmin 64S.

As imagens de satélite foram adquiridas no site oficial da *United States Geological Survey (USGS) Global Visualization Viewer* (2014). As imagens com menor cobertura de nuvens capturadas em dias que precederam eventos de precipitação foram selecionadas (Tabela 1). Este critério de seleção foi imprescindível, uma vez que na MBHRP há predomínio de espécies de plantas caducifólias, ou seja, indivíduos que perdem suas folhas no período de estiagem e que voltam a brotar após poucos dias de precipitação pluviométrica, alterando a resposta espectral e influenciando o resultado do IVDN.

Tabela 1- Informações sobre as imagens orbitais utilizadas neste estudo

Data da passagem do satélite	Órbita/Ponto	Satélite/Sensor	Resolução radiométrica/Espacial
10/07/1989	214/65	Landsat 5/TM	8 bits/30m (bandas 1, 2, 3, 4, 5, e 7) e 120m (banda 6)
29/08/2007	214/65	Landsat 5/TM	8 bits/30m (bandas 1, 2, 3, 4, 5, e 7) e 120m (banda 6)
26/04/2014	214/65	Landsat 8/OLI e TIRS	16 bits/15m (banda 8), 30m (bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 9) e 100m (bandas 10 e 11)

Fonte: USGS (2014)

Verificou-se o volume total precipitado de chuva (mm) por mês e considerou-se válidas para a análise as imagens com pouca cobertura de nuvem e que nos dois meses anteriores a data de captura da imagem pelo sensor abordo do satélite detectou-se para a área de estudo

precipitação pluviométrica $\geq 40\text{mm}$ por mês. Os dados de precipitação pluviométrica utilizados foram registrados pela estação meteorológica de Campina Grande, PB (Código da Organização Meteorológica Mundial: 82795) (INMET, 2016).

O processamento digital de imagens de satélite e a álgebra para obter o produto do IVDN ocorreram com o auxílio do *software* ERDAS imagine 2014; já a produção dos mapas temáticos foi realizada por meio do programa ArcGis versão 10. As imagens de satélite foram georreferenciadas para UTM WGS 84, Zona 25, Sul (Código *European Petroleum Survey Group*: 32725). A posteriori, as imagens de 1989 e 2007 foram registradas a partir da imagem de referência Landsat 8, visto já ser ortorretificada e registrada. As etapas de processamento das imagens, para obter o IVDN, capturadas pelo Landsat 5 incluem calibração radiométrica e reflectância monocromática como descrito por Waters et al. (2002) e para a imagem registrada pelo Landsat 8 compreende a reflectância do topo da superfície conforme USGS (2016). Os cálculos para obter o IVDN estão detalhados a seguir.

A calibração radiométrica das imagens de satélite corresponde a conversão do número digital (DN) de cada célula de grade (*pixel*) da imagem em radiância espectral, L_{λ} , que, para os anos de 1989 e 2007 foi mensurada a partir da equação 1 proposta por Markham e Baker (1987), utilizando as constantes estabelecidas por Chander, Markham e Helder (2009) apresentadas na Tabela 2.

$$L_{\lambda i} = L_{\text{Min},i} + \left(\frac{L_{\text{Max},i} - L_{\text{Min},i}}{255} \right) \times \text{DN} \quad (1)$$

Em que:

$L_{\lambda i}$ é a radiância espectral de cada banda ($\text{W m}^{-2} \text{ster}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$);

$L_{\text{Máx}}$ e $L_{\text{Mín}}$ são constantes de calibração espectral de cada banda do sensor a bordo do satélite;

DN corresponde ao número digital do *pixel* ou intensidade do *pixel* (varia de 0 - 255); e

i representa as bandas espectrais do sensor a bordo do satélite.

Tabela 2- Constantes de calibração radiométrica do satélite Landsat 5/*Thematic Mapper*

Banda	Imagens obtidas de 01/03/1984 até 04/05/2003		Imagens obtidas após 02/04/2007		ESUN _λ
	L _{Mín.}	L _{Máx.}	L _{Mín.}	L _{Máx.}	
1	-1,52	152,10	-1,52	169	1957
2	-2,84	296,81	-2,84	333	1826
3	-1,17	204,30	-1,17	264	1554
4	-1,51	206,20	-1,51	221	1036
5	-0,37	27,19	-0,37	30,2	215
6	1,2378	15,303	1,2378	15,303	-
7	-0,15	14,38	-0,15	16,50	80,67

Fonte: Chander, Markham e Helder (2009)

A reflectância monocromática das imagens do Landsat 5 foi calculada através da equação 2 (WATERS et al., 2002).

$$\rho_{\lambda_i} = \left(\frac{\pi \times L_{\lambda_i}}{\text{ESUN}_{\lambda_i} \times \text{Cos } \theta \times d_r} \right) \quad (2)$$

Em que:

ρ_{λ_i} é a reflectância monocromática na banda i;

π é igual a 3,141592654;

ESUN_{λ_i} representa a irradiância solar no topo da atmosfera na banda i ($\text{W m}^{-2} \mu\text{m}^{-1}$), conforme a Tabela 2;

$\text{Cos } \theta$ é o cosseno do ângulo solar zenital (veja equação 3); e

d_r é o quadrado da distância Terra-Sol calculada através da equação 4 sugerida por Iqbal (1983).

$$\text{Cos } \theta = \text{Cos}(90^\circ - E) \quad (3)$$

Em que: E é o ângulo de elevação do sol no momento em que a imagem foi capturada pelo sensor abordo do satélite.

$$d_r = 1 + 0,003 \times \text{Cos} \left(\frac{\text{DJ} \times 2\pi}{365} \right) \quad (4)$$

Em que: DJ corresponde ao Dia Juliano.

A reflectância do topo da atmosfera (eq. 5 e 6) para a imagem Landsat 8 foram obtidas a partir de equações disponibilizadas pela USGS (2016), em que são convertidos os valores (número digital do *pixel*) de cada banda de interesse para o estudo (banda 4 e 5) em dados de reflectância. Os valores de cada banda são encontrados no arquivo metadados (*headfile*) da imagem de satélite.

$$\rho_{\lambda'} = M_p \times Q_{cal} + A_p \quad (5)$$

Em que:

$\rho_{\lambda'}$ é a reflectância do topo da atmosfera sem correção para o ângulo solar;

M_p representa o fator de reescalonamento multiplicativo específico de banda a partir de metadados (REFLECTANCE_MULT_BAND_x; x é o número da banda);

A_p é o fator de reescalonamento aditivo específico de banda a partir de metadados (REFLECTANCE_ADD_BAND_x; x é o número da banda); e

Q_{cal} são os valores de pixel de produto padrão quantificados e calibrados.

A reflectância do topo da atmosfera com correção para o ângulo solar (ρ_{λ}) foi obtida de acordo com a seguinte equação (6):

$$\rho_{\lambda} = \frac{\rho_{\lambda'}}{\cos\theta} \quad (6)$$

O IVDN consiste na razão entre a diferença do fluxo radiante refletido (reflectância) no infravermelho próximo e no vermelho e o somatório da reflectância no infravermelho próximo e no vermelho, de acordo com a equação 7 desenvolvida por Rouse et al. (1974). Os valores do produto IVDN variam de -1 a 1, de maneira que valores de *pixel* mais próximo de 1 representam maior vigor da vegetação (JENSEN, 2006).

$$IVDN = \left(\frac{\rho_{nir} - \rho_r}{\rho_{nir} + \rho_r} \right) \quad (7)$$

Em que:

ρ_{nir} é o fluxo radiante refletido no infravermelho próximo; e

ρ_r é o fluxo radiante refletido no vermelho.

De acordo com o IVDN gerado pelo processamento das imagens descrito acima, o uso e ocupação da terra para a área de estudo foi classificado em corpo hídrico (inclui corpos de água naturais e artificiais), área urbana (áreas caracterizadas por superfícies impermeáveis; por exemplo: casas, edifícios e estradas ou ruas pavimentadas), solo exposto (inclui áreas sem vegetação e estradas de terra), gramínea/pastagem (áreas dominadas por gramíneas, incluindo terras cultivadas), vegetação arbustiva e vegetação arbórea (Tabela 3).

Tabela 3- Classificação de uso e ocupação da terra conforme o IVDN

Categoria de uso e de ocupação da terra	Intervalo de IVDN
Corpo hídrico	-1 – 0
Área urbana	0,01 – 0,3
Solo exposto	0,31 – 0,4
Gramínea/pastagem	0,41 – 0,5
Vegetação arbustiva	0,51 – 0,6
Vegetação arbórea	0,61 – 0,9

Fonte: Pesquisa aplicada (2018)

3.2.1.2- Estimativa de valor de bens e serviços ecossistêmicos

Os valores de bens e serviços ecossistêmicos (VSE) por categoria de uso e ocupação da terra foram estimados através do método de transferência de benefícios, que tem sido amplamente utilizado (por exemplo, KREUTER et al., 2001; ESTOQUE; MURAYAMA, 2013; CRESPI; SIMONETTI, 2016; TOLESSA; SENBETA; KIDANE, 2017; YI et al., 2017) para auxiliar avaliações em áreas onde faltam dados locais (MENDOZA-GONZALEZ et al., 2012; ROLFE; WINDLE; JOHNSTON et al., 2015; KINDU et al., 2016). Esse método corresponde a extrapolação ou a transferência de resultados de um ou mais estudos para outra área de contexto similar (JOHNSTON et al., 2015). Nesta pesquisa, utilizou-se os coeficientes generalizados de valor de bens e serviços ecossistêmicos (US\$ ha⁻¹ a⁻¹) obtidos por de Groot et al. (2012) para

quantificar ganhos ou perdas relativas de VSE devido a alterações do uso e ocupação da terra na MBHRP. É oportuno mencionar que de Groot et al. (2012) estimaram o valor global de bens e serviços ecossistêmicos para 10 biomas e 22 funções ecossistêmicas, utilizando 665 pontos de dados oriundos da triagem de 181 publicações com casos de estudo distribuídos em todo o mundo. Bioma é uma unidade biótica geográfica, que corresponde ao agrupamento de tipos de vegetações com características morfofisiológicas similares (TOWNSEND; BEGON; HARPER, 2006). De Groot et al. (2012) descreveram, em material suplementar, as características consideradas para classificar os biomas avaliados.

Comparou-se os biomas estudados por de Groot et al. (2012) com os tipos de categoria de uso e ocupação da terra desta pesquisa, sendo estabelecido o bioma que representava melhor cada categoria de uso e ocupação da terra. As categorias gramínea/pastagem, vegetação arbustiva e arbórea neste estudo corresponde a estratificação vegetal resultante do processo de regeneração natural. Considerou-se que na categoria gramínea/pastagem há predomínio de gramíneas e que a vegetação arbórea oferece mais bens e serviços ecossistêmicos por apresentar estrutura e composição florística mais íntegra que a vegetação arbustiva. Desta forma, optou-se por transferir os valores de bens e de serviços ecossistêmicos do bioma lagos e rios de água doce (*fresh water lakes and rivers*, 15 dados de entrada de 4 pesquisas científicas) para corpo hídrico, pastagem (*grasslands*, 32 dados de entrada a partir de 16 trabalhos) para gramínea/pastagem, bosque (*woodlands*, 21 dados de entrada de 7 estudos) para vegetação arbustiva e floresta tropical (*tropical forest*, 96 dados de entrada de 4 trabalhos científicos) para vegetação arbórea (Tabela 4).

Tabela 4- Categoria de uso e de ocupação da terra e seus respectivos bioma equivalente do trabalho de Groot et al. (2012)

Categoria de uso e ocupação da terra	Bioma equivalente
Corpo hídrico	<i>Rivers and lakes</i>
Área urbana	-
Solo exposto	-
Gramínea/pastagem	<i>Grasslands</i>
Vegetação arbustiva	<i>Woodlands</i>
Vegetação arbórea	<i>Tropical forests</i>

Fonte: Pesquisa aplicada (2018)

Semelhante à abordagem adotada por outros trabalhos (por exemplo, MENDOZA-GONZÁLEZ et al., 2012, CRESPI; SIMONETTI 2016), as categorias solo exposto e áreas

urbanas foram excluídas dos cálculos da VSE, pois são ambientes em que há intenso impacto negativo de atividade humana. As áreas de solo exposto representaram terras sem vegetação ou degradadas ou estradas, já as áreas urbanas foram caracterizadas pelo predomínio de casas, de prédios e de estradas pavimentadas que tornam esta categoria de uso e ocupação da terra impermeável.

Os valores de bens e serviços ecossistêmicos registrados por de Groot et al. (2012) foram ajustados ao Índice de Preços ao Consumidor (IPC) de novembro de 2017 (Tabela 5), utilizando a calculadora de inflação da *US Bureau of Labor Statistics* (Secretaria de Estatísticas Trabalhistas dos Estados Unidos) disponível no site https://www.bls.gov/data/inflation_calculator.htm. Dezembro de 2007 foi mês e ano base de entrada do dado.

Tabela 5- Lista de bens e serviços ecossistêmicos e seus respectivos coeficiente de valor (US\$ por ha⁻¹ a⁻¹) de acordo com de Groot et al. (2012) por bioma, ajustados ao Índice de Preços ao Consumidor referente a novembro de 2017

Bens e serviços ecossistêmicos	Rios e lagos	Pastagem	Bosque	Floresta tropical
Serviços de provisão				
1. Alimento	129,17	1.452,60	63,37	243,72
2. Água	2.203,27	73,12		32,90
3. Matéria-prima		64,59	207,17	102,36
4. Recursos genéticos				15,84
5. Recursos medicinais		1,22		1.832,81
6. Recursos ornamentais			39,00	
Total	2.332,44	1.591,53	309,54	2.227,63
Serviços de regulação				
7. Regulação da qualidade do ar				14,62
8. Regulação climática		48,74	8,53	2.490,87
9. Moderação de distúrbios				80,43
10. Regulação do fluxo de água				416,77
11. Tratamento de resíduos	227,88	91,40		7,31
12. Prevenção de erosão		53,62	15,84	18,28
13. Ciclo de nutrientes				3,66
14. Polinização			37,78	36,56
15. Controle biológico				13,40
Total	227,88	193,76	62,15	3.081,90
Serviços de suporte				
16. Serviço de berçário			1.551,31	19,50
17. Diversidade genética		1.479,41	3,66	28,03
Total		1.479,41	1.554,97	47,53

Fonte: Pesquisa aplicada (2018)

Continuação da Tabela 5

Bens e serviços ecossistêmicos	Rios e lagos	Pastagem	Bosque	Floresta tropical
Serviços culturais				
18. Informação estética		203,51		
19. Recreação	2.639,54	31,68	8,53	1.056,55
Total	2.639,54	235,19	8,53	1.056,55
Total Geral	5.199,86	3.499,89	1.935,19	6.413,61

Fonte: Pesquisa aplicada (2018)

As limitações da transferência do coeficiente generalizado de valor de bens e serviços ecossistêmicos para representar o valor de ecossistemas locais ou da cobertura terrestre estão bem descritas na literatura científica (NELSON et al., 2009; JOHNSTON et al., 2015; RICHARDSON et al., 2015; ROLFE; WINDLE; JOHNSTON et al., 2015) e reconhecidas nesta pesquisa. No entanto, os coeficientes generalizados são úteis para avaliar as mudanças relativas ao longo do tempo, particularmente para identificar os bens e serviços ecossistêmicos que estão mais ameaçados pelas mudanças do uso da terra, de maneira que as informações geradas podem ser utilizadas na gestão e gerenciamento ambiental (KREUTER et al., 2001; TIANHONG; WENKAI; ZHENGHAN, 2010; MENDOZA-GONZÁLEZ et al., 2012; RICHARDSON et al., 2015; TOLESSA; SENBETA; KIDANE, 2017; YI et al., 2017). Embora o VSE obtido da transferência de benefícios seja considerado com cautela, nesta pesquisa indica possíveis magnitudes de valor, que, por sua vez, pode alertar quais são as necessidades urgentes para avaliações de VSE locais. As características da área de estudo são geograficamente específicas, pois estão localizadas em área de transição entre dois biomas únicos e ameaçados (Caatinga e Mata Atlântica) e os dados de VSE em ecótonos e em ambientes semiáridos são escassos (ou inexistentes), dificultando a aplicação de coeficientes que seriam representativos das configurações locais.

Diante do exposto, a estimativa do valor total de bens e de serviços ecossistêmicos foi obtida a partir da equação 8 utilizada por Hu, Liu e Cao (2008).

$$VSE = \sum A_k \times CV_k \quad (8)$$

Em que:

VSE corresponde a estimativa do valor de bem e serviço ecossistêmico;

A_k é a área da categoria k de uso e ocupação da terra (ha); e CV_k é o coeficiente do valor de bem e serviço ecossistêmico por categoria de uso e ocupação da terra (US\$ ha⁻¹ a⁻¹), obtido por de Groot et al. (2012).

Adicionalmente, foi estimado o valor de 19 tipos de funções ecossistêmicas para a paisagem estudada, sendo empregado a equação como sugere Hu, Liu e Cao (2008).

$$VSE_f = \sum A_k \times CV_{fk} \quad (9)$$

Em que:

VSE_f é a estimativa do valor de função de serviço ecossistêmico e

CV_{fk} corresponde ao coeficiente do valor de função de serviço ecossistêmico de dada categoria (US\$ ha⁻¹ a⁻¹), obtido por de Groot et al. (2012).

A variação percentual ou percentagem relativa (PR) foi calculada para verificar as mudanças de área por categoria de uso e ocupação da terra (ha) e de valor de bem e de serviço ecossistêmico entre os anos estudados (US\$).

3.2.1.3- Análise de sensibilidade

A correspondência entre as categorias de uso e ocupação da terra e os biomas representados no estudo de Groot et al. (2012) não foi perfeita, com diferenças potenciais para as áreas de vegetação arbustiva e vegetação arbórea. Portanto, realizou-se análise de sensibilidade para determinar se as variações nos valores dos coeficientes resultariam em incertezas inaceitáveis associadas à transferência do valor generalizado. Os valores dos coeficientes utilizados para estimar VSE de quatro categorias de uso e ocupação da terra (recurso hídrico, gramíneas/pastagem, vegetação arbustiva e vegetação arbórea) foram ajustados em $\pm 50\%$ e a sensibilidade do coeficiente (CS) foi calculada usando o conceito econômico padrão de elasticidade (MANSFIELD, 1985) como proposto por Kreuter et al. (2001) e aplicados por Li et al. (2007), Hu, Liu e Cao (2008), Crespín e Simonetti (2016) e Kindu et al. (2016), conforme a equação 10.

$$CS = \frac{(VSE_j - VSE_i)/VSE_i}{(CV_{jk} - CV_{ik})/CV_{ik}} \quad (10)$$

Em que:

CS é o coeficiente de sensibilidade;

VSE_i representa o valor inicial de bem e serviço ecossistêmico (US\$ ha⁻¹ a⁻¹);

VSE_j é o valor ajustado de bem e serviço ecossistêmico (US\$ ha⁻¹ ano⁻¹);

CV_{ik} é o coeficiente do valor inicial para categoria k de uso e ocupação da terra (US\$ ha⁻¹ a⁻¹); e

CV_{jk} representa o coeficiente do valor ajustado para categoria k de uso e ocupação da terra (US\$ ha⁻¹ a⁻¹).

Se CS for < 1, o valor estimado de bens e serviços ecossistêmicos é inelástico, representando que tais valores são aceitáveis e a análise é robusta. Se CS for > 1, então o valor estimado de serviço ecossistêmicos é elástico.

3.2.2- Identificação e classificação do nível de importância e do valor social de bens e serviços do ecossistema

3.2.2.1- Mapeamento participativo de bens e serviços ecossistêmicos

A identificação de áreas que oferecem bens e serviços ecossistêmicos e a classificação do nível de importância por grupos de interesse, bem como a coleta de dados para a análise da percepção social acerca de benefícios prestados pela MBHRP foram realizadas a partir de adaptações do procedimento metodológico desenvolvido pelo Projeto Valoração de Serviços Ambientais Aplicados à Vulnerabilidade Costeira, VALSA, que é baseado no mapeamento participativo (ESTEVES, 2014). O projeto VALSA é uma colaboração entre a Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), a Universidade de Bournemouth (BU) e a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). O mapeamento participativo tem como objetivo obter informações primárias específicas e contextuais de uma área geográfica delimitada e consiste que grupos de interesse indiquem em um mapa o local que fornece determinado bem ou serviço ecossistêmico, sendo possível identificar espacialmente a heterogeneidade de valores e de

preferências das partes interessadas (WOLFF; SCHULP; VERBURG, 2015). A execução desta etapa da pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética do Hospital Universitário Alcides Carneiro da Universidade Federal de Campina Grande/HUAC-UFCG, número do parecer: 1.789.665 (Anexo A).

O sistema de classificação de bens e serviços ecossistêmicos utilizado neste estudo foi adaptado do Projeto VALSA (ESTEVEES, 2014). A classificação do projeto VALSA inclui bens e serviços ecossistêmicos ofertados pela biota, pelo meio físico e por ecossistemas; distingue o bem ou o serviço final para eliminar dupla contagem; e foi adaptada do *The Common Classification of Ecosystem Services* (CICES) versão 4.3 (2017) (ESTEVEES, 2014). Nesta pesquisa o código 39 da classificação do Projeto VALSA (serviço de polinização e dispersão de sementes) foi subdividido para melhor distinguir a contribuição do ecossistema para o bem-estar humano (Quadro 1).

Quadro 1- Classificação de bens e de serviços ecossistêmicos adaptado do Projeto VALSA

Seção	Divisão	Grupo	Classe	Código da classe	Tipos	
Provisão	Nutrição	Biomassa	Aquicultura	1	Camarão, ostras, peixes etc.	
			Agricultura	2	Cereais, frutas, saladas, tubérculos etc.	
			Pecuária	3	Carne, laticínios, mel, entre outros	
			Caça e pesca	4	Caranguejo, peixe, mexilhão etc.	
			Flora silvestre	5	Algas, frutas silvestres etc.	
		Água	Água de subsolo	6	Aquíferos, lençol freático etc.	
			Corpos d'água de superfície	7	Rios, mar (dessalinização), entre outros.	
		Míneral	Sais	8	Sal de cozinha, entre outros.	
	Materiais	Biomassa	Material genético - uso farmacêutico, uso bioquímicos (fermentação) e bioengenharia	9	Remédios, chás, entre outros.	
			Material para uso ornamental	10	Flores, plantas ornamentais, conchas, madeira para artesanato etc.	
			Fibras e outros materiais de plantas, algas e animais para uso direto ou processado	11	Seda, algodão, lã, esponjas, ossos, celulose, borracha, óleos, resinas, calcário etc.	
			Material de plantas, algas e animais para uso na agricultura	12	Forragem, fertilizantes etc.	
		Terrígenos/mineral	Metálico	13	Cobre, prata, ouro, bronze, entre outros.	
			Não-Metálico	14	Pigmentos, joalheria, cerâmica etc.	
			Material de construção	15	Areia para aterro, cascalho, pedras de revestimento etc.	
		Água	Água de subsolo	16	Aquíferos, lençol freático para uso doméstico ou industrial, irrigação etc.	
			Água corpos d'água de superfície	17	Rios e outros corpos d'água para usos que não sejam consumo humano.	
		Energia	Biomassa	Biomassa de animais, plantas ou algas	18	Carvão vegetal, lenha, biodiesel, óleos e gorduras de origem animal para combustão e produção de energia.
				Combustíveis fósseis	19	Petróleo, carvão mineral, gás natural, entre outros.

Fonte: Pesquisa aplicada (2018) com classificação adaptada do Projeto VALSA (ESTEVES, 2014)

Continuação do Quadro 1

Seção	Divisão	Grupo	Classe	Código da classe	Tipos
Provisão	Energia	Mecânica	Mecânica de animais	20	Força mecânica feita por animais (equinos, caprinos, bovinos etc.) na agricultura e transporte
			Mecânica de vento	21	Energia eólica em terra e no mar
			Mecânica de ondas	22	Extração de energia das ondas na costa, no fundo marinho e na superfície do mar
			Mecânica de maré	23	Barragens de maré e correntes de maré
		Radiação	Solar	24	Produção de eletricidade
	Espaço	Terrestre	Pode-se fazer subdivisões se necessário, quanto ao tipo de ambiente (fluvial, montanhoso etc.)	25	Ocupação urbana, uso de espaço para colocar antenas, estacionamento de barcos, transporte fluvial etc.
		Marinho	Pode-se fazer subdivisões se necessário	26	Transporte de navios, ancoragem de barcos, entre outros
Aéreo		Pode-se fazer subdivisões se necessário	27	Transporte aéreo	
Regulação	Mediação de resíduos, contaminações e outros problemas	Mediação pela biota	Bioremediação	28	Decomposição, mineralização e desintoxicação bioquímica no solo e em ecossistemas de água doce e marinhos, incluindo sedimentos; Decomposição/desintoxicação de resíduos e materiais tóxicos (purificação de águas marrons, degradação de manchas de óleo por bactérias marinhas, (fito)degradação, (rizo)degradação etc.
		Mediação por ecossistemas	Filtração, sequestro e acumulação	29	Processos biofísicoquímicos de filtração, sequestro, acumulação de poluentes no solo e em ecossistemas de água doce e marinhos, incluindo sedimentos; adsorção e retenção de metais pesados e compostos orgânicos em ecossistemas
			Diluição por ecossistemas atmosféricos, aquáticos e marinhos	30	Diluição de contaminantes gases, fluidos e sólidos por processos biofísicoquímicos na atmosfera, lagos, rios, mar e sedimentos

Fonte: Pesquisa aplicada (2018) com classificação adaptada do Projeto VALSA (ESTEVES, 2014)

Continuação do Quadro 1

Seção	Divisão	Grupo	Classe	Código da classe	Tipos
Regulação	Mediação de resíduos, contaminações e outros problemas	Mediação por ecossistemas	Mediação de cheiros, ruídos e impactos visuais	31	Redução de ruídos de estradas por árvores, infraestrutura verde etc.
	Mediação de fluxos	Fluxos de massa	Estabilização de taludes e controle de taxas de erosão	32	Controle de fluxos gravitacionais, deslizamentos e erosão; neste serviço a cobertura vegetal é o fator principal estabilizador - protegendo ecossistemas terrestres, costeiros e marinhos; vegetação em encostas prevenindo avalanches; proteção contra erosão costeira por mangues, macroalgas, gramíneas marinhas etc.
			Amortecimento e atenuação de fluxos de massa	33	Similar ao anterior, mas sem a atuação da vegetação; envolve o transporte, a distribuição e estoque de sedimentos em rios, lagos e no mar; exemplos: proteção costeira por pontal arenoso, por recifes e promontórios
		Fluxos de líquidos	Manutenção do ciclo hidrológico e fluxos de águas	34	Manutenção dos fluxos básicos para o suprimento de água por cobertura e uso da terra adequado; regulação de escassez de água e seca
			Proteção contra inundações	35	Proteção contra inundações por cobertura e uso da terra adequado (por manguezais, dunas, etc.)
		Fluxos de gases	Proteção contra tempestades (de vento)	36	Redução de danos por redução de ventos através da vegetação ou efeitos topográficos
			Ventilação e transpiração	37	Controle de temperatura e umidade pela presença de vegetação ou efeitos topográficos que permitem circulação do ar - efeito localizado que não gera influencia no registro climático

Fonte: Pesquisa aplicada (2018) com classificação adaptada do Projeto VALSA (ESTEVEZ, 2014)

Continuação do Quadro 1

Seção	Divisão	Grupo	Classe	Código da classe	Tipos
Regulação	Manutenção das condições físicas, químicas e biológicas	Manutenção do ciclo de vida, habitat e proteção do <i>pool</i> genético	Manutenção das populações e habitats berçário	38	Habitats para reprodução e berçário de espécies da fauna e flora (gramíneas marinhas, mangues, estuários, microestruturas fluviais etc.)
			Polinização	39	Polinização por animais (biótico) e correntes (abiótico)
			Dispersão de sementes	40	Dispersão de sementes por animais (biótico) e correntes (abiótico)
		Controle de doenças e pestes	Controle de doenças	41	Controle de doenças em sistemas naturais, cultivados e humanos
			Controle de pestes	42	Controle de espécies exóticas (invasoras)
		Regulação climática e da composição atmosférica	Regulação climática global através da redução na concentração de gases de efeito estufa	43	Sequestro e estoque de carbono e outros gases pela biota, ecossistemas, água e sedimentos
			Regulação climática local e regional	44	Alteração da temperatura, umidade e campos de vento; manutenção do clima e qualidade do ar rural e urbano e padrões regionais de precipitação e temperatura
		Formação e composição da terra e sedimento terrestre ou marinho	Intemperismo	45	Inclui processos biológicos, químicos, físicos e pedogênicos; manutenção das condições biogeoquímicas dos solos, incluindo fertilidade, estocagem de nutrientes e estrutura da terra
			Decomposição e fixação	46	Manutenção das condições biogeoquímicas dos solos por decomposição ou mineralização de matéria orgânica, nitrificação, desnitrificação, fixação de nitrogênio e outros. Processos biogeoquímicos feitos por organismos (bactérias)
			Qualidade da água	47	Manutenção das condições químicas na coluna d'água e sedimento para preservação da biota (desnitrificação, remobilização de nutrientes etc.)

Fonte: Pesquisa aplicada (2018) com classificação adaptada do Projeto VALSA (ESTEVES, 2014)

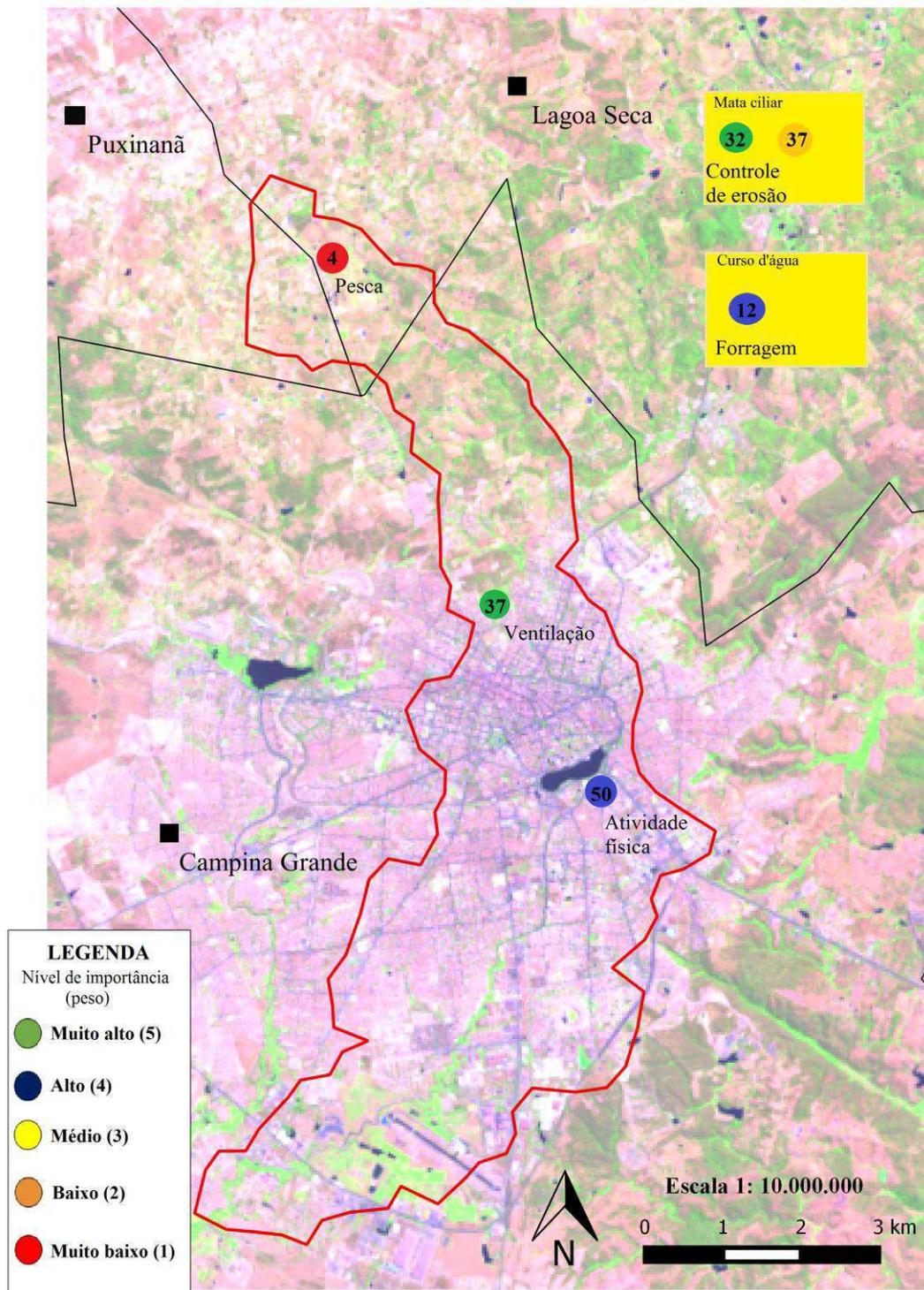
Continuação do Quadro 1

Seção	Divisão	Grupo	Classe	Código da classe	Tipos
Regulação	Manutenção das condições físicas, químicas e biológicas	Qualidade da água	Condições químicas da água do mar	48	Manutenção das condições químicas na coluna d'água e sedimento para preservação da biota (desnitrificação, remobilização de nutrientes etc.)
Cultural	Interações, físicas e intelectuais com espécies, ecossistemas e paisagens	Interações e experiências físicas	Experiências com espécies e paisagens	49	<i>In situ</i> avistar de aves, mergulho, <i>snorkeling</i> , apreciação da paisagem etc.
			Atividades físicas em ambientes naturais	50	Caminhadas, trilhas, escaladas, pesca e navegação recreativa, surfe etc
		Interações intelectuais e representações artísticas	Estudo científico e atividades educacionais	51	Objeto de estudo, inclusive para pesquisa científica, <i>in situ</i> ou através de outros meios
			Valor paisagístico	52	Senso de lugar, representações artísticas etc.
			Identidade e patrimônio cultural e histórico	53	Registros históricos, sítios arqueológicos, patrimônio cultural, por exemplo, preservado em corpos d'água ou subsolo
			Entretenimento	54	Experiências do mundo natural através de meios de comunicação
	Interação espiritual ou simbólica com a biota, ecossistemas e paisagens	Espiritual e/ou emblemáticos	Simbólico	55	Plantas, animais e paisagens emblemáticas; símbolos nacionais (exemplo: águia americana)
			Sagrado e/ou religioso	56	Requer que o local, feições geológicas e outras estruturas ou espaços e espécies ou organismos específicos tenham valor espiritual ou sagrado
		Outros	Existência	57	Bem-estar provido por espécies nativas/silvestres, natureza, ecossistemas e paisagens
			Legado	58	Desejo de preservar espécies, ecossistemas e paisagens para as gerações futuras; crenças morais e éticas

Fonte: Pesquisa aplicada (2018) com classificação adaptada do Projeto VALSA (ESTEVEES, 2014)

Diante do exposto, seguiu-se as seguintes etapas: (1) identificou-se as partes interessadas da área de estudo; (2) mobilizou-se as partes interessadas para participar de *workshop* (s) sobre bens e serviços ecossistêmicos; (3) os participantes do *workshop* foram convidados a compor grupos de trabalhos para criar mapa participativo com locais que ofertam bens e serviços ecossistêmicos. Nesta fase, gestores e membros públicos, especialistas e comunidade trabalharam em subgrupos separados (composto por 3 ou 4 pessoas) para facilitar a comparação da capacidade de reconhecer bens e serviços ecossistêmicos; (4) os subgrupos das partes interessadas identificaram os tipos de classe de bem e serviço ecossistêmico, o ambiente (nascentes, curso d'água, reservatório de água superficial, mata ciliar, áreas verdes, urbano e outros) em que são encontrados e o nível de importância (NI). Tais informações foram registradas em consenso por cada subgrupo em uma tabela, de acordo com o apêndice A. Estabeleceu-se 1h de duração para essa etapa; (5) o facilitador do *workshop* (autora desta pesquisa) em posse do quadro 1 informou aos subgrupos o código de cada bem ou serviço ecossistêmico identificado por eles; e (6) cada subgrupo apontou os locais que fornecem bens e serviços ecossistêmicos e classificou o nível de importância dos mesmos (muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto) com diminutos adesivos circulares de coloração pré-determinada para cada tipo de nível de importância em um mapa impresso de tamanho A3, conforme Figura 4. Adicionalmente, o código de cada bem e serviço ecossistêmico foi escrito no centro do adesivo circular (Figura 4). Blocos adesivos foram disponibilizados para os subgrupos detalharem os bens e os serviços ecossistêmicos oferecidos por determinado ponto geográfico ou para demonstrarem que todo um ambiente oferece determinado bem ou serviço do ecossistema (ESTEVEZ, 2014). É oportuno ressaltar, que o facilitador esteve disponível para esclarecer qualquer dúvida dos participantes e para auxiliar os subgrupos a alcançar consenso acerca de cada bem e serviço ecossistêmicos mapeado.

Figura 4- Representação resultante do mapeamento participativo, utilizando o procedimento metodológico adaptado do Projeto VALSA, para identificação de locais que ofertam bens e serviços ecossistêmicos e seus respectivos níveis de importância



Fonte: Pesquisa aplicada (2018)

As partes interessadas da MBHRP foram: comunidade, representada pela população civil residente na área urbana e periurbana da MBHRP (C); técnico (T), constituído por gestores públicos do município de Campina Grande (Secretaria de Planejamento, Gestão e Transparência de Campina Grande; Secretaria Municipal de Serviços Urbanos e Meio Ambiente; e Secretaria Municipal de Agricultura) e técnicos em meio ambiente; e especialista (E) representado por pesquisadores na temática recursos naturais (discentes do Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais, nível mestrado e doutorado). Os critérios de seleção das partes interessadas foram o nível de influência no gerenciamento ambiental (gestores públicos e técnicos em meio ambiente) e o interesse na integridade de bens e de serviços ecossistêmicos (comunidade e especialista). Já os critérios de inclusão dos participantes foram: residir na Microbacia Hidrográfica Riacho das Piabas ou fazer parte do corpo docente ou discente da Universidade Federal de Campina Grande ou Universidade Estadual da Paraíba ou ser gestor público (como exemplo: Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba, AESA; Secretaria de Agricultura, Secretaria de Serviços Urbanos e Meio Ambiente e Secretaria de Planejamento do município de Campina Grande) e ser maior de 18 anos.

A mobilização dos grupos de interesse ocorreu através da Articulação pela Revitalização do Riacho das Piabas que compreende a organização da sociedade civil e interinstitucional, desde de 2011, em prol da melhoria da qualidade ambiental, social e econômica da MBHRP. Tentou-se reunir as partes interessadas em um único dia, no entanto, essa realidade não se encaixou com a dinâmica das comunidades, sendo realizados mais dois encontros com essa parte interessada e um encontro com os especialistas, a fim de aumentar o número de participantes. Os especialistas tiveram tratamento diferente das demais partes interessadas, pois o objetivo com esse grupo foi identificar a maior quantidade de bens e serviços ecossistêmicos da MBHRP. Desta forma, cada subgrupo de especialista recebeu o quadro 1 para identificarem no mapa impresso os bens e serviços do ecossistema e seus respectivos níveis de importância.

3.2.2.2- Análise dos dados

As informações das tabelas e dos mapas criados pelos subgrupos das partes interessadas: número de áreas mapeadas; seção e classe de bens e de serviços ecossistêmicos; ambiente; e nível de importância foram utilizadas para a análise descritiva e para identificar as diferentes

percepções entre as partes interessadas acerca de bens e serviços ecossistêmicos da MBHRP. O nível de importância por parte interessada e para a MBHRP foram obtidos pela média aritmética ponderada, sendo o peso o número de pessoas que trabalharam em cada mapa.

Utilizou-se o coeficiente de associação distância Euclidiana sem padronização com método de agrupamento ligação completa (ZAR, 1996) para analisar a similaridade entre a percepção das partes interessadas sobre as preferências de classes de bens e serviços ecossistêmicos identificadas por cada subgrupo no mapa. Avaliou-se a associação entre as variáveis independentes: grupos de interesse da MBHRP (comunidade, técnico e especialista) e forma de identificação da área que oferta bem e serviço do ecossistema (específica ou genérica) e a variável dependente: número de áreas mapeadas pelas partes interessadas, bem como analisou-se a associação entre as variáveis independentes: grupos de interesse da MBHRP e seção de bens e de serviços ecossistêmicos (serviço de provisão, de regulação e cultural) e a variável dependente: número de áreas mapeadas pelas partes interessadas. Ambas as associações foram realizadas através de análise de variância (ANOVA) de dois fatores, uma vez que os dados atenderam os requisitos para o teste paramétrico (ZAR, 1996). Adicionalmente, foi realizada a análise *post hoc*, teste de Tukey, que é indicada quando o fator F da ANOVA apresenta valor-p significativo (ZAR, 1996). Desta forma, foi possível avaliar as interações entre as variáveis categóricas e a variável dependente (ZAR, 1996). Utilizou-se o software *Statistica 7.0* (STATSOFT, 2007) para gerar o dendrograma da análise de agrupamento e para obter o resultado do teste estatístico Anova dois fatores. Considerou-se 5% o nível de significância (ZAR, 1996).

3.2.2.3- Álgebra de mapas

As áreas que fornecem maior número de bens e serviços ecossistêmicos e maior nível de importância foram identificadas a partir do mapeamento participativo. Para tanto, utilizou-se ferramentas disponíveis no programa ArcGis, versão 10, para transferir as informações dos mapas físicos produzidos pelos subgrupos das partes interessadas para formato digital. Inicialmente, criou-se um formato de armazenagem de informações de vetor (*shapefile*) para cada classe de bem e de serviço ecossistêmico de cada um dos mapas obtidos. Adicionou-se polígonos correspondentes ao local e ao tamanho da área registrada no mapa, bem como acrescentou-se as informações da tabela (exemplo: Apêndice A), criada por subgrupo de interesse, na tabela de

atributos do *shapefile*, conforme Quadro 2. Os polígonos em formato de vetor foram convertidos para formato *raster* com dimensão de grade da célula (*pixel*) de 1m x 1m. Posteriormente, foi realizada a álgebra de mapas para a interpolação dos dados.

Quadro 2- Atributos adicionados no *shapefile* de cada bem ou serviço ecossistêmico por mapa de subgrupo de parte interessada na Microbacia Hidrográfica Riacho das Piabas (Paraíba, Brasil)

Código da seção	Código da divisão	Código da Grupo	Código da Classe	Classe	NI	Outras informações
1	1	a	2	Agricultura	3	Cultivo de hortaliças
1	1	a	2	Agricultura	5	Cultivo de milho
...

Fonte: Pesquisa aplicada (2018)

O mapa com o número de bens e serviços ecossistêmicos ofertados pela MBHRP foi obtido a partir da soma de todos os mapas gerados pelos grupos de interesse, através da variável: classe de bem e serviço ecossistêmico registrada em cada *pixel*. Adicionalmente, criou-se mapas por parte interessada e para toda a MBHRP, com base no nível de importância de bens e de serviços ecossistêmicos e o número de pessoas participantes. Nesta etapa, primeiro produziu-se mapas individuais de cada subgrupo de partes interessadas em que se multiplicou o nível de importância e o número de pessoas que registrou em consenso a informação; e em seguida somou-se todos os mapas.

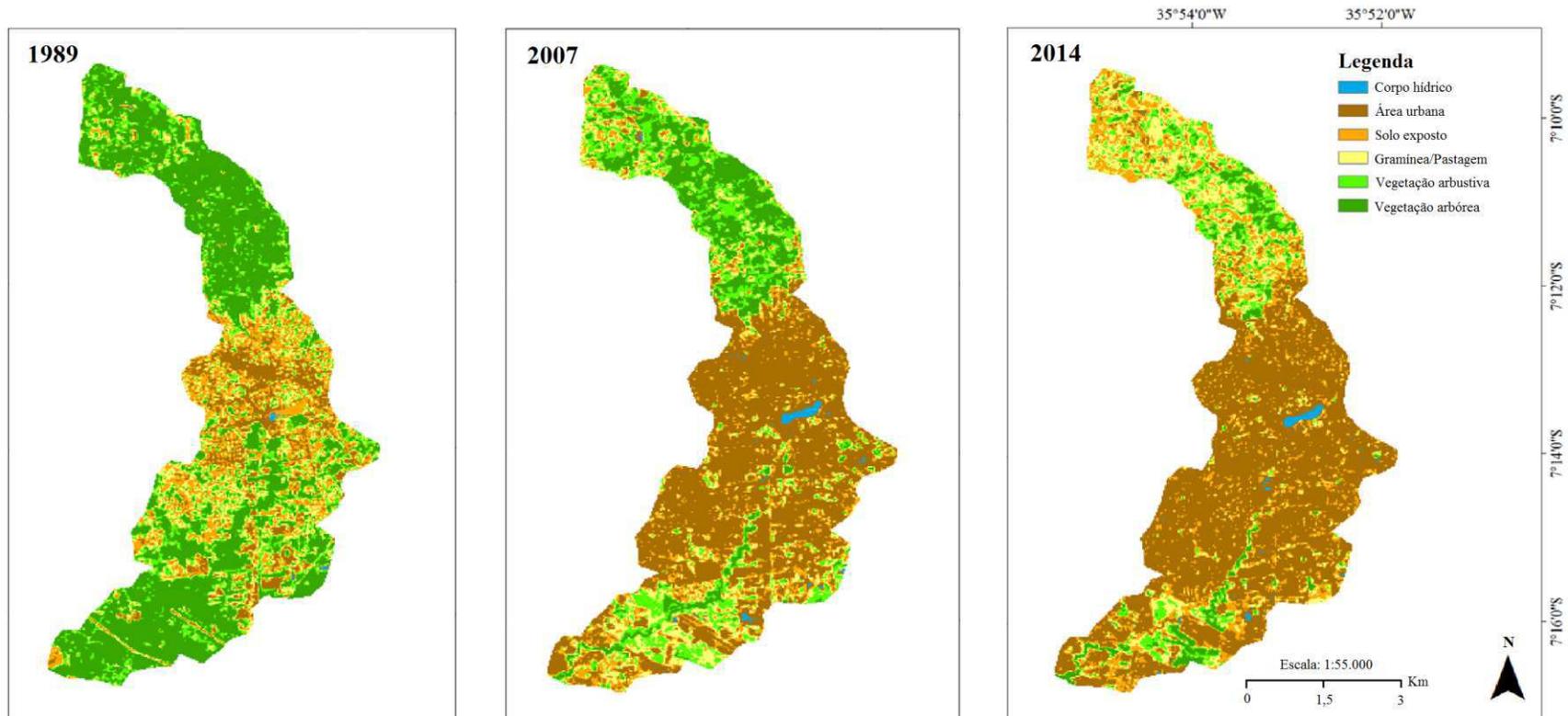
4- RESULTADOS

4.1- INFLUÊNCIA DA MUDANÇA DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA NA DISPONIBILIDADE DE BENS E SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS

4.1.1- Mudança do uso e ocupação da terra

A distribuição espacial e temporal do uso e ocupação da terra na MBHRP entre o período de 1989 e 2014 apresentou diferenças marcantes e as maiores variações relativas (em porcentagem da área inicial) foram 465% de aumento da área urbana e 89% de decréscimo na vegetação arbórea. Em 1989, a vegetação arbórea era a categoria dominante e cobria 46% da área de estudo, principalmente nos setores mais ao Norte e mais ao Sul da área de estudo. Em contraste, a vegetação arbórea cobria menos de 5% da MBHRP em 2014 e foi substituída a taxa média de 61 ha a⁻¹, principalmente, por vegetação arbustiva e gramínea/pastagem no setor Norte e por áreas urbanas em outros locais. As áreas urbanas cobriam menos de 10% da área de estudo em 1989 e 56% em 2014, expandindo a uma taxa média de 67 ha a⁻¹, refletindo o rápido crescimento do município de Campina Grande no setor Médio da MBHRP. A taxa de expansão urbana reduziu de média de 74 ha a⁻¹ entre 1989 e 2007 para 49 ha a⁻¹ entre 2007 e 2014, ocorrendo crescimento principalmente no setor Sul no último período (Figura 5; Tabela 6).

Figura 5- Uso e ocupação da terra em 1989, 2007 e 2014 na Microbacia Hidrográfica do Riacho das Piabas (Paraíba, Brasil)



Fonte: Pesquisa aplicada (2018)

Tabela 6- Extensão territorial (ha) de cada categoria de uso e ocupação da terra, sua respectiva cobertura relativa (%) da área de estudo e mudança no uso da terra (%) em 1989, 2007 e 2014 na Microbacia Hidrográfica Riacho das Piabas (Paraíba, Brasil)

Categoria de uso e ocupação da terra	1989		2007		2014		Mudança no uso e ocupação da terra (%)		
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%	1989 a 2007	2007 a 2014	1989 a 2014
Corpo hídrico	4,31	0,12	21,52	0,59	19,21	0,52	399,30	-10,73	345,71
Área urbana	361,85	9,89	1,702,57	46,52	2,042,94	55,82	370,52	19,99	464,58
Solo exposto	580,81	15,87	439,54	12,01	602,70	16,47	-24,32	37,12	3,77
Gramínea/Pastagem	504,1	13,77	475,70	13,00	521,00	14,24	-5,63	9,52	3,35
Vegetação arbustiva	513,63	14,03	526,78	14,39	292,56	7,99	2,56	-44,46	-43,04
Vegetação arbórea	1,695,12	46,32	493,71	13,49	181,42	4,96	-70,87	-63,25	-89,30
Total	3.659,82	100	3.659,82	100	3.659,83	100			

Fonte: Pesquisa aplicada (2018)

No período 1989 - 2014, os terrenos de solo exposto e gramíneas/pastagem apresentaram pequeno aumento na área (3,8% e 3,4%, respectivamente), mas as mudanças foram variáveis ao longo do tempo. Entre 1989 e 2007 houve redução na área dessas categorias de uso e ocupação da terra, sobretudo devido à expansão urbana no setor Médio. O aumento da área da categoria de solo exposto e de gramíneas/pastagem observado entre 2007 e 2014 resultou da degradação e substituição de áreas com vegetação, particularmente no setor Norte. A evidência dessa degradação foi fornecida pelas mudanças contrastantes na extensão de áreas de vegetação arbustiva, que aumentaram 3% entre 1989 e 2007 e reduziram em 44% entre 2007 e 2014. Foi possível verificar claro padrão de substituição, ao longo do período analisado, de áreas de vegetação arbórea por vegetação arbustiva, que por sua vez foram mudadas para gramíneas/pastagem e estas foram então substituídas por áreas urbanas e terreno de solo exposto. Apesar de expressiva mudança no uso e ocupação da terra na área de estudo, os corpos de água exibiram modesto aumento, ocupando apenas 0,1% da MBHRP em 1989 e 0,5% em 2014. O aumento de 399% entre 1989 e 2007 foi resultante do controle de vazão de um reservatório artificial (Açude Velho) localizado na região central da MBHRP (Figura 5; Tabela 6).

4.1.2- Mudanças na disponibilidade de bens e serviços ecossistêmicos

A disponibilidade de bens e serviços ecossistêmicos prestados pela MBHRP diminuiu, quando foi considerado as mudanças dos valores totais estimados de bens e serviços ecossistêmicos (VSE) para o período estudado. O valor total estimado de bem e serviço ecossistêmico para o ano de 1989 foi igual a US\$ 13,7 milhões, para o ano de 2007 foi de US\$ 6 milhões e para o ano de 2014 foi igual a US\$ 3,7 milhões, apresentando redução de 73% entre os anos de 1989 e 2014, equivalendo a perda líquida de US\$ 10 milhões de dólares ou 399,97 dólares ao ano, principalmente devido à redução de área coberta por vegetação arbórea (Tabela 6). A taxa de perda de valor estimado de bens e serviços ecossistêmicos foi de 427,21 dólares por ano entre 1989 e 2007 e de 329,94 dólares ao ano no período de 2007 a 2014 (Tabela 7).

Mudanças na extensão da vegetação arbórea teve maior influência nos valores totais de VSE do que qualquer outra categoria de uso e ocupação da terra, pois foi a categoria com maior valor de coeficiente de bem e serviço ecossistêmico (Tabela 5) e foi a dominante em 1989 (cobrindo 46% da área de estudo). Portanto, o VSE total

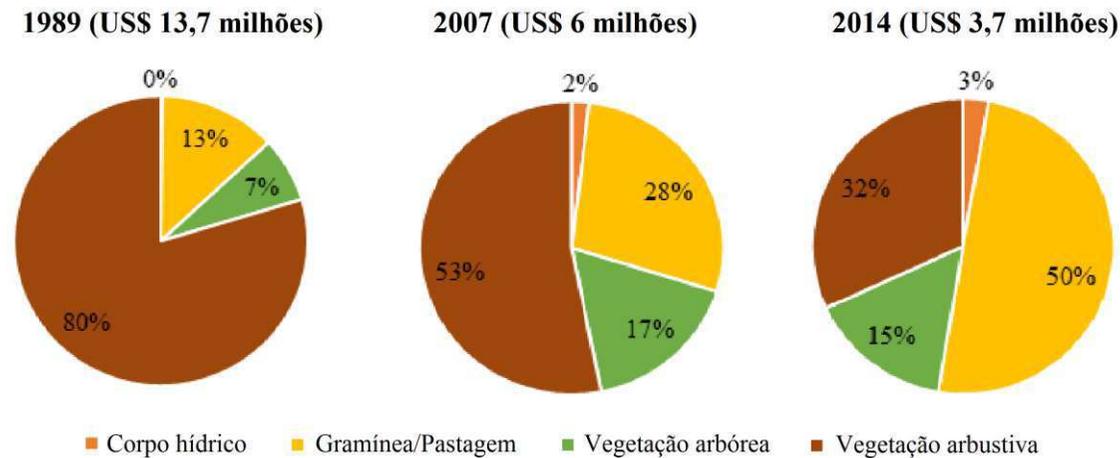
reduziu consideravelmente à medida que a vegetação arbórea foi substituída pelo ambiente construído, que foram considerados com insignificante contribuição para o VSE total para o propósito deste estudo. Variações na extensão de outras categorias de uso e ocupação da terra tiveram menor efeito no VSE total, uma vez que seus coeficientes de valor de bem e serviço do ecossistema (por exemplo: vegetação arbustiva), extensão (por exemplo: corpos hídricos) ou mudança na área (por exemplo: gramínea/pastagem) foram relativamente pequenos. Embora as categorias corpo hídrico, gramínea/pastagem e vegetação arbustiva tivessem menor influência nas variações do VSE total, sua contribuição relativa aumentou com o tempo (Figura 6).

Tabela 7- Valor total estimado de bem e serviço ecossistêmico (US\$) por categoria de uso e ocupação da terra na Microbacia Hidrográfica Riacho das Piabas (Paraíba, Brasil) usando o coeficiente disponível por de Groot et al. (2012) ajustado ao Índice de Preços ao Consumidor, ano de referência, 2017 e suas respectivas variações ao longo do tempo (em US\$ e percentagem relativa, PR)

Categoria de uso e de ocupação da terra	VSE (US\$)			Mudança de VSE (US\$)					
	1989	2007	2014	1989 a 2007	PR (%)	2007 a 2014	PR (%)	1989 a 2014	PR (%)
Corpo hídrico	22.411	111.901	99.889	89.490	399,3	-12.012	-10,7	77.478	345,7
Gramínea/Pastagem	1.764.295	1.664.898	1.823.443	- 99.397	- 5,6	158.545	9,5	59.148	3,4
Vegetação arbustiva	993.972	1.019.419	566.159	25.448	2,6	- 453.260	- 44,5	-427.812	- 43,0
Vegetação arbórea	10.871.839	3.166.463	1.163.557	- 7.705.375	- 70,9	- 2.002.906	- 63,3	-9.708.281	- 89,3
Total	13.652.516	5.962.681	3.653.048	- 7.689.835	- 56,3	- 2.309.633	- 38,7	- 9.999.468	- 73,2

Fonte: Pesquisa aplicada (2018)

Figura 6- Contribuição relativa das diferentes categorias de uso e ocupação da terra para o valor total estimado de bem e serviço ecossistêmico (entre parênteses) na Microbacia Hidrográfica Riacho das Piabas (Paraíba, Brasil) em 1989, 2007 e 2014



Fonte: Pesquisa aplicada (2018)

No contexto da descapitalização do VSE total, a importância relativa da vegetação arbórea diminuiu de 80% para 32% entre 1989 e 2014, enquanto a participação das demais categorias de uso e ocupação da terra aumentou, particularmente gramínea/pastagem que representava 13% do VSE total em 1989 e em 2014 representava 50%. Em valores absolutos, o valor estimado de bens e serviços ecossistêmicos da categoria corpo hídrico aumentou 346%, triplicando sua contribuição para o VSE total de 0,2% (1989) para 2,7% (2014), enquanto que o VSE da categoria gramínea/pastagem aumentou apenas 3%, mas sua participação no total do VSE aumentou quatro vezes. O VSE da categoria vegetação arbustiva em 2014 representou apenas 57% do seu valor em 1989 e a sua quota de VSE total mais do que duplicou no período, aumentando de 7,3% para 15,5% (Figura 6).

Houve redução no valor de 18 dos 19 bens e serviços ecossistêmicos incluídos nos cálculos de VSE entre 1989 e 2014 (Tabela 8). A única exceção foi o serviço cultural "informação estética", que aumentou 3,4%. Esse aumento imitou a variação na extensão da categoria de uso e ocupação da terra gramínea/pastagem, a única categoria na área de estudo para a qual um valor de coeficiente para o serviço "informação estética" foi fornecido por de Groot et al. (2012). Entre 1989 e 2014, nove bens e serviços ecossistêmicos tiveram uma redução de mais de 85% em seu valor (Tabela 8): recursos genéticos, recursos medicinais, regulação da qualidade do ar, regulação climática, moderação de distúrbios, regulação do fluxo de água, ciclagem de nutrientes, controle biológico e recreação. Quando se considerou apenas os nove bens e serviços do ecossistema citados acima, verificou-se que a perda estimada atingiu US\$ 8,93 milhões ou 89% da perda total de ESV total no período estudado. Seis desses bens e serviços (recursos genéticos, regulação da qualidade do ar, moderação de perturbações, regulação do fluxo de água, ciclagem de nutrientes e controle biológico) representaram 82% (US \$ 8,2 milhões) da perda de VSE total, decorrente sobretudo da perda de vegetação arbórea (Apêndice B para mais detalhes da análise dos valores de cada bem e serviço ecossistêmico por categoria de uso e ocupação da terra em 1989, 2007 e 2014).

Tabela 8- Valor total estimado de 19 bens e serviços ecossistêmicos (US\$ ajustado ao Índice de Preços ao Consumidor, ano de referência, 2017) observados na Microbacia Hidrográfica Riacho das Piabas (Paraíba, Brasil) em 1989, 2007 e 2014 e suas respectivas variações ao longo do tempo (em US\$ e percentagem relativa, PR)

Bens e serviços ecossistêmicos	VSE (US\$)			Mudança de VSE (US\$)					
	1989	2007	2014	1989 - 2007	PR (%)	2007 - 2014	PR (%)	1989 - 2014	PR(%)
Serviço de provisão									
1. Alimento	1.178.496	847.491	822.041	- 331.005	-28,1	-25.449	-3,0	-356.455	-30,2
2. Água	102.125	98.441	86.389	- 3.685	-3,6	-12.052	-12,2	-15.736	-15,4
3. Matéria-prima	312.481	190.395	112.831	- 122.086	-39,1	-77.563	-40,7	-199.650	-63,9
4. Recursos genéticos	26.851	7.820	2.874	- 19.030	-70,9	-4.947	-63,3	-23.977	-89,3
5. Recursos medicinais	3.107.448	905.457	333.144	- 2.201.991	-70,9	-572.313	-63,2	-2.774.304	-89,3
6. Recursos ornamentais	20.032	20.544	11.410	513	2,6	-9.135	-44,5	-8.622	-43,0
Serviço de regulação									
7. Regulação da qualidade do ar	4.783	7.218	2.652	-17.565	-70,9	-4.566	-63,3	-22.130	-89,3
8. Regulação climática	4.251.275	1.257.446	479.783	- 2.993.828	-70,4	-777.664	-61,8	-3.771.492	-88,7
9. Moderação de distúrbios	136.339	39.709	14.592	- 96.629	-70,9	-25.117	-63,3	-121.747	-89,3
10. Regulação do fluxo de água	706.475	205.764	75.610	- 500.712	-70,9	-130.153	-63,3	-630.865	-89,3
11. Tratamento de resíduos	59.448	51.992	53.323	- 7.456	-12,5	1.331	2,6	-6.125	-10,3
12. Prevenção de erosão	66.153	42.876	35.887	- 23.276	-35,2	-6.990	-16,3	-30.266	-45,8
13. Ciclo de nutrientes	6.204	1.807	664	- 4.397	-70,9	-1.143	-63,3	-5.540	-89,3
14. Polinização	81.379	37.952	17.686	- 43.427	-53,4	-20.266	-53,4	-63.693	-78,3
15. Controle biológico	22.715	6.616	2.431	- 16.099	-70,9	-4.185	-63,3	-20.284	-89,3
Serviço de suporte									
16. Serviço de berçário	829.854	826.826	457.389	- 3.028	-0,4	-369.437	-44,7	-372.465	-44,9
17. Diversidade genética	795.165	719.522	776.929	- 75.643	-9,5	57.407	8,0	-18.236	-2,3

Fonte: Pesquisa aplicada (2018)

Continuação da Tabela 8

Bens e serviços ecossistêmicos	VSE (US\$)			Mudança de VSE (US\$)					
	1989	2007	2014	1989 - 2007	PR (%)	2007 - 2014	PR (%)	1989 - 2014	PR(%)
Serviço cultural									
18. Informação estética	102.589	96.810	106.029	- 5.780	-5,6	9.219	9,5	3.439	3,4
19. Recreação	1.822.707	597.996	261.386	- 1.224.711	-67,2	-336.610	-56,3	-1.561.321	-85,7
Total	13.652.516	5.962.681	3.653.048	- 7.689.835	-56,3	-2.309.633	-38,7	-9.999.468	-73,2

Fonte: Pesquisa aplicada (2018)

Em 1989, os bens e serviços ecossistêmicos: regulação climática (US\$ 4,2 milhões), recursos medicinais (US\$ 3,1 milhões) e recreação (US\$ 1,8 milhões) foram os maiores contribuintes para a VSE total (Tabela 8), correspondendo a 67% do valor total. Em 2014, esses mesmos três bens e serviços ecossistêmicos representavam apenas 29% do VSE total e haviam perdido entre 85,7% (recreação) e 89,3% (recursos medicinais) de seu valor em 1989. Em 2014, os três bens e serviços ecossistêmicos que mais contribuíram para o VSE total na área de estudo foram alimentos (US\$ 0,82 milhões), diversidade genética (US\$ 0,78 milhões) e regulação climática (US\$ 0,48 milhões), representando 57% do valor total (Tabela 8).

4.1.3- Análise de sensibilidade

A análise de sensibilidade, considerando o ajuste de $\pm 50\%$ do coeficiente de valor de bem e serviço ecossistêmico utilizado para estimar o VSE total, resultou em coeficiente de sensibilidade (CS) inferior a 1 para cada categoria de uso e ocupação da terra (Tabela 9). Os menores e os maiores CS foram obtidos para a categoria recurso hídrico ($\pm 0,002$ para 1989 e $\pm 0,03$ para 2014) e vegetação arbórea ($\pm 0,796$ para 1989 e $\pm 0,32$ para 2014), respectivamente. Desta forma, o VSE total estimado para o MBHRP foi relativamente inelástico, ou seja, exibiu baixa sensibilidade relativa as variações de até $\pm 50\%$ dos coeficientes de valores propostos por de Groot et al. (2012). Assim, o VSE estimado foi considerado razoavelmente aceitável.

As diferenças relativas entre VSE total ajustado (ESVa; Tabela 9) e o ESV total calculado usando os coeficientes de valor de de Groot et al. (2012) foram menores para a categoria corpo hídrico (as maiores diferenças são +1% e -1,7% do VSE dessa categoria em 2014) e maiores para a categoria vegetação arbórea (as maiores diferenças estão em torno de $\pm 39,9\%$ do VSE dessa categoria em 1989). O CS dependeu do coeficiente de valor (CV) da categoria de uso e ocupação da terra e de sua extensão; portanto, as maiores diferenças entre VSEa e VSE ocorreu devido a mudança no uso e ocupação da terra de categorias com CV maiores e com maior área. Consequentemente, uma contribuição relativa maior da categoria de uso e ocupação da terra para o VSE total resultará em uma diferença maior entre VSEa e VSE. Por exemplo, a diferença entre o VSEa e o VSE total calculado, considerando o ajuste de $\pm 50\%$ do $CV_{\text{gramínea/pastagem}}$, aumentou de $\pm 6,5\%$ em 1989 para $\pm 25\%$ em 2014 (Tabela 9), após aumento na sua contribuição relativa para o VSE total de 13% para 50%,

respectivamente (Figura 6). Por outro lado, houve redução na diferença entre VSEa e VSE total calculado quando considerou $CV_{\text{vegetação arbórea}}$ ajustado para considerando $\pm 50\%$ de $\pm 39,8\%$ em 1989 para $\pm 15,9\%$ em 2014 (Tabela 9), já que sua contribuição relativa para VSE total diminuiu de 80% para 32%, respectivamente (Figura 6).

Em termos de descapitalização no período 1989-2014, as perdas da VSEa foram $\pm 2,3\%$ ou perda de US\$ 10 milhões (Tabela 8), calculada usando o VC de Groot et al. (2012), exceto quando foi considerado ajuste de $\pm 50\% VC_{\text{vegetação arbórea}}$. Nesse caso, a diferença foi cerca de 48,6% e apesar dessa considerável diferença em valores absolutos, a perda relativa na VSEa entre 1989 e 2014 foi de -62,7% e -77,9% para $-50\% VC_{\text{vegetação arbórea}}$ e $+50\% VC_{\text{vegetação arbórea}}$, respectivamente (Tabela 9), bastante similar à estimativa de -73,2% sem o ajuste (Tabela 8).

Tabela 9- Valores estimados de bem e serviço do ecossistema total ajustados (VSEa) para $\pm 50\%$ do coeficiente de valor (CV), variação relativa de VSEa ao longo do tempo (%) e o coeficiente de sensibilidade (CS)

Categoria de uso e de ocupação da terra	VSEa (US\$)			%			CS		
	1989	2007	2014	1989 - 2007	2007 - 2014	1989 - 2014	1989	2007	2014
Corpo hídrico +50%	13.663.722	6.018.632	3.692.993	-56,0	-38,6	-73,0	+0,002	+0,02	+0,03
Corpo hídrico -50%	13.641.310	5.906.731	3.593.104	-56,7	-39,2	-73,7	-0,002	-0,02	-0,03
Gramínea/pastagem +50%	14.534.663	6.795.130	4.554.770	-53,2	-33,0	-68,7	+0,129	+0,28	+0,5
Gramínea/pastagem -50%	12.770.369	5.130.233	2.731.327	-59,8	-46,8	-78,6	-0,129	-0,28	-0,5
Vegetação arbustiva +50%	14.149.502	6.472.391	3.921.128	-54,3	-39,4	-72,3	+0,073	+0,17	+0,15
Vegetação arbustiva -50%	13.155.530	5.452.972	3.364.969	-58,5	-38,3	-74,4	-0,073	-0,17	-0,15
Vegetação arbórea +50%	19.088.435	7.545.913	4.224.827	-60,5	-44,0	-77,9	+0,796	+0,53	+0,32
Vegetação arbórea -50%	8.216.597	4.379.450	3.061.270	-46,7	-30,1	-62,7	-0,796	-0,53	-0,32

Fonte: Pesquisa aplicada (2018)

4.2- PERCEPÇÃO SOCIAL E VALORAÇÃO DE BENS E DE SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS

4.2.1- Análise descritiva

Nesta etapa da pesquisa, participaram 34 pessoas, sendo 21 membros de comunidades residente na MBHRP, seis gestores ou técnicos (representantes da Secretaria de Agricultura, Secretaria de Serviços Urbanos e Meio Ambiente e Secretaria de Planejamento do município de Campina Grande) e sete especialistas de diversas formações acadêmicas (um mestre em engenharia civil e ambiental, um mestre em administração, uma advogada mestre em recursos naturais, um geógrafo mestre em riscos, cidades e ordenamento do território, um geógrafo especialista em Educação ambiental e dois biólogos); no total foram produzidos 10 mapas (seis mapas foram elaborados pela parte interessada comunidade; dois mapas gerados pelo grupo técnico; e dois mapas produzidos por especialistas).

As partes interessadas identificaram 42 classes de bens e serviços ecossistêmicos oferecidos pelo sistema hidrográfico do Riacho das Piabas para a população (Tabela 10). Cerca de 33,3% dos tipos de bens e serviços ecossistêmicos identificados e valorados pelas partes interessadas foram registradas apenas pelo grupo de especialista. Destes 71,4% enquadraram-se na seção de serviço de regulação, como exemplo: mediação de cheiros, ruídos e impactos visuais; mediação de fluxos através da proteção contra tempestades; dispersão de sementes, controle de doenças e de pestes; regulação climática global através da redução da concentração de gases de efeito estufa; regulação climática local e regional; formação da terra através do intemperismo, da decomposição e fixação; e regulação das condições químicas da água doce (Tabela 10). A comunidade detectou mais classes de bens e serviços ecossistêmicos enquadrados na seção serviços de provisão (52,38%), já o grupo de técnicos identificou mais serviços culturais (45,95%) e os especialistas apontaram majoritariamente serviços de regulação (43,41%; Figura 7).

Tabela 10- Número de locais mapeadas (N) por seções e classes de bens e de serviços ecossistêmicos registrados pelos grupos de interesse da Microbacia Hidrográfica Riacho das Piabas (Paraíba, Brasil) e suas respectivas percentagens (%)

Seção e classe de bens e serviços ecossistêmicos	Partes interessadas						Total	
	Comunidade		Técnico		Especialista		N	%
	N	%	N	%	N	%		
Provisão	77	52,38	21	28,38	43	33,33	141	40,29
Agricultura	2	1,36	2	2,70	2	1,55	6	1,71
Pecuária	5	3,40			2	1,55	7	2,00
Caça e pesca	9	6,12	4	5,41	3	2,33	16	4,57
Flora silvestre para nutrição	7	4,76			4	3,10	11	3,14
Água de subsolo para nutrição	6	4,08	3	4,05	2	1,55	11	3,14
Corpos d'água de superfície para nutrição	3	2,04	2	2,70	4	3,10	9	2,57
Material genético para usos farmacêuticos, usos bioquímicos e bioengenharia	5	3,40	1	1,35	4	3,10	10	2,86
Material para uso ornamental	2	1,36	1	1,35	2	1,55	5	1,43
Material de plantas, algas e animais para uso na agricultura	6	4,08			3	2,33	9	2,57
Material não-metálico					2	1,55	2	0,57
Material de construção	5	3,40	1	1,35	2	1,55	8	2,29
Água de subsolo para uso não nutricional humano	1	0,68	1	1,35	2	1,55	4	1,14
Corpos d'água de superfície para uso não nutricional humano			4	5,41	4	3,10	8	2,29
Energia de biomassa de animais, plantas ou algas	3	2,04	2	2,70	2	1,55	7	2,00
Energia mecânica de animais					2	1,55	2	0,57
Espaço terrestres	21	14,29			2	1,55	23	6,57
Espaço aéreo	2	1,36			1	0,78	3	0,86
Regulação	28	19,05	19	25,68	56	43,41	103	29,43
Mediação de resíduos, contaminações e outros problemas através da filtração, sequestro e acumulação	4	2,72	3	4,05	2	1,55	9	2,57
Mediação de resíduos, contaminações e outros problemas através da diluição por ecossistemas atmosféricos, aquáticos e marinhos			5	6,76	2	1,55	7	2,00
Mediação de resíduos, contaminações e outros problemas através da mediação de cheiros, ruídos e impactos visuais					4	3,10	4	1,14
Estabilização de taludes e controle de taxas de erosão	1	0,68	3	4,05	2	1,55	6	1,71
Manutenção do ciclo hidrológico e fluxos de águas	3	2,04	2	2,70	2	1,55	7	2,00
Proteção contra inundações	2	1,36	2	2,70	1	0,78	5	1,43
Mediação de fluxos através da proteção contra tempestades (de vento)					2	1,55	2	0,57
Mediação de fluxos através da ventilação e transpiração	6	4,08	4	5,41	5	3,88	15	4,29

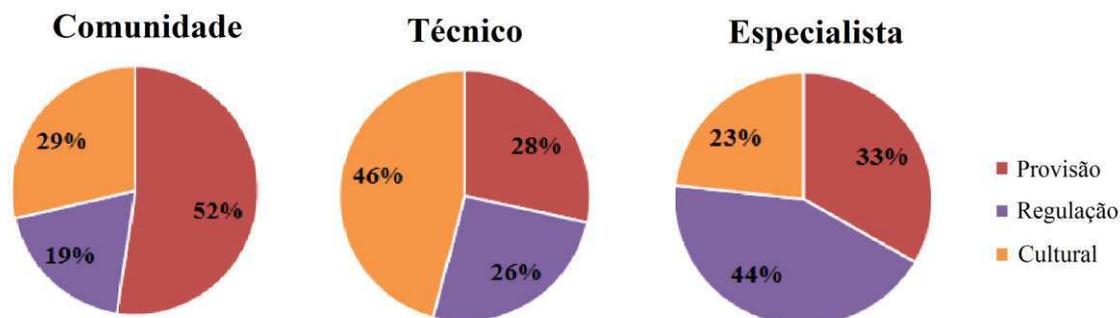
Fonte: Pesquisa aplicada (2018)

Continuação da Tabela 10

Seção e classe de bens e serviços ecossistêmicos	Partes interessadas						Total	
	Comunidade		Técnico		Especialista		N	%
	N	%	N	%	N	%		
Manutenção das populações, habitats e berçário	11	7,48			6	4,65	17	4,86
Polinização	1	0,68			4	3,10	5	1,43
Dispersão de sementes					4	3,10	4	1,14
Controle de doenças					2	1,55	2	0,57
Controle de pestes					2	1,55	2	0,57
Regulação climática global através da redução na concentração de gases de efeito estufa					2	1,55	2	0,57
Regulação climática local e regional					4	3,10	4	1,14
Formação e composição da terra e sedimento terrestre ou marinho através do intemperismo					4	3,10	4	1,14
Formação e composição da terra através da decomposição e fixação					5	3,88	5	1,43
Condições químicas da água doce (qualidade da água)					3	2,33	3	0,86
Cultural	42	28,57	34	45,95	30	23,26	106	30,29
Experiências com espécies e paisagens	18	12,24	13	17,57	7	5,43	38	10,86
Atividades físicas em ambientes naturais	15	10,20	7	9,46	6	4,65	28	8,00
Estudo científico e atividades educacionais	3	2,04	5	6,76	2	1,55	10	2,86
Valor paisagístico					3	2,33	3	0,86
Identidade e patrimônio cultural e histórico	1	0,68	2	2,70	2	1,55	5	1,43
Existência					5	3,88	5	1,43
Legado	5	3,40	7	9,46	5	3,88	17	4,86
Total	147	100,00	74	100,00	129	100,00	350	100,00

Fonte: Pesquisa aplicada (2018)

Figura 7- Percentagem de seção de bens e serviços ecossistêmicos registrada pelas partes interessadas na Microbacia Hidrográfica Riacho das Piabas (Paraíba, Brasil)



Fonte: Pesquisa aplicada (2018)

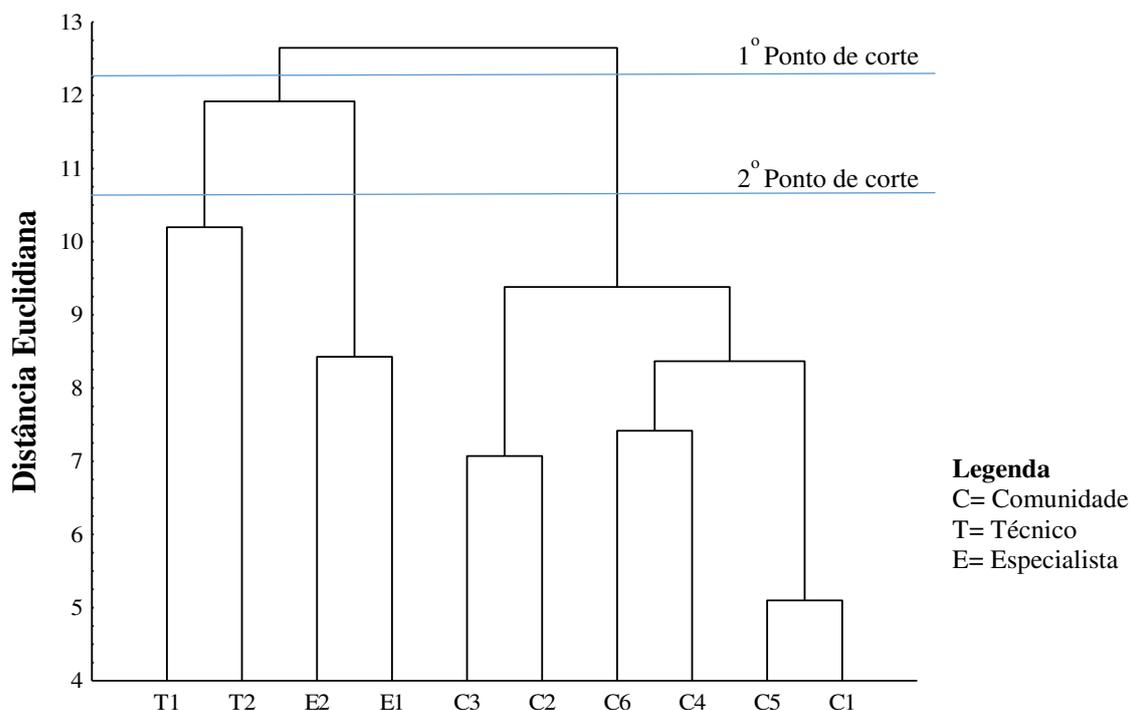
Os serviços culturais de experiências com espécies e paisagens (10,9%) e atividades físicas em ambientes naturais (8%) e o serviço de provisão espaço terrestre para ocupação humana (6,6%) foram as classes de bens e serviços ecossistêmicos mais mapeadas para área de estudo, no entanto, apenas as duas primeiras classes foram registradas por todas as partes interessadas (Tabela 10). Adicionalmente, o serviço de regulação manutenção das populações, habitats e berçário (4,9%), serviço cultural de legado (4,9%), provisão de caça e pesca (4,6%) e mediação de fluxos através da ventilação e transpiração (4,3%) também apresentaram elevado número de registro (Tabela 10).

As classes de bens e serviços ecossistêmicos pouco citadas foram: material não-metálico, energia mecânica de animais, mediação de fluxos através da proteção contra tempestades (de vento), controle de doenças, controle de pestes e regulação climática global através da redução da concentração de gases de efeito estufa, juntas corresponderam a 3,4% do registro total e foram apenas apontadas pela parte interessada especialista (Tabela 10). É relevante mencionar que a comunidade indicou sete respostas fora do contexto da temática de bens e serviços ecossistêmicos, as quais foram excluídas das análises; e citou um desserviço do ecossistema, sendo registado que as áreas vegetadas urbanas e periurbanas na MBHRP eventualmente constituem refúgios para criminosos.

4.2.2- Percepção de partes interessadas sobre bens e serviços ecossistêmicos

Observou-se a formação de dois grandes grupos das partes interessadas (1º ponto de corte, Figura 8) com percepções distintas acerca da disponibilização de bens e serviços ecossistêmicos da MBHRP. O primeiro grupo constituído apenas pela parte interessada comunidade e o segundo por técnico e especialista (1º ponto de corte, Figura 8). A visão do grupo técnico sobre as classes de benefícios oriundos do sistema ecológico da microbacia hidrográfica estudada foi mais parecida com a percepção de especialistas do que com a comunidade.

Figura 8- Dendrograma resultante da análise de agrupamento utilizando a distância Euclidiana, ligação completa sem ponderação como coeficiente de similaridade entre as partes interessadas na Microbacia Hidrográfica Riacho das Piabas (Paraíba, Brasil). C= comunidade; T= técnico; e E= especialista



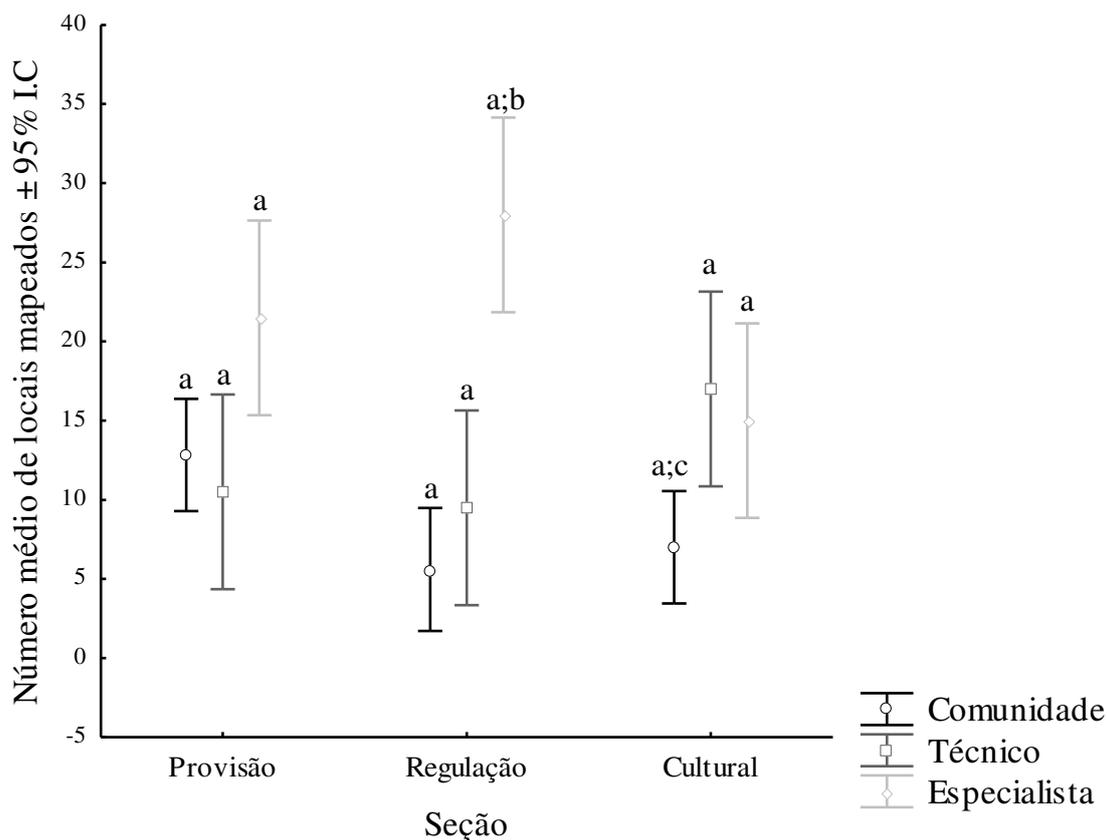
Fonte: Pesquisa aplicada (2018)

O grupo especialista diferiu significativamente de percepção quanto ao número de locais mapeados por tipo de seção de bem e serviço ecossistêmico, em relação as demais partes interessadas (Anova fatorial, $F= 21,62$; $g.l.^1= 2$; $p< 0,001$; Figura 9; Tabela 11). Ademais, verificou-se que há associação entre as variáveis independentes número de locais mapeados e tipo de seção de bem e serviço ecossistêmico e a variável dependente parte interessada (Anova fatorial, $F= 4,77$; $g.l.= 4$; $p= 0,007$; Figura 9;

¹g.l.= grau de liberdade.

Tabela 11), de modo que os serviços de regulação são apontados em proporção diferente entre especialista e comunidade (Teste de Tukey, $p > 0,001$); e especialista e técnico (Teste de Tukey, $p = 0,006$; Figura 9; Apêndice C).

Figura 9- Média de número de locais mapeados em função da seção de bem e de serviço ecossistêmico e da categoria de parte interessada na Microbacia Hidrográfica Riacho das Piabas (Paraíba, Brasil). I.C= intervalo de confiança



Fonte: Pesquisa aplicada (2018)

Tabela 11- Resultado do teste estatístico Anova dois fatores para seção de bens e de serviços ecossistêmicos (S) em função da categoria de parte interessada (PI) e do número de locais mapeados pelas partes de interesse na Microbacia Hidrográfica Riacho das Piabas (Paraíba, Brasil). SQ= soma dos quadrados; g.l= grau de liberdade; e MSQ= média da soma dos quadrados

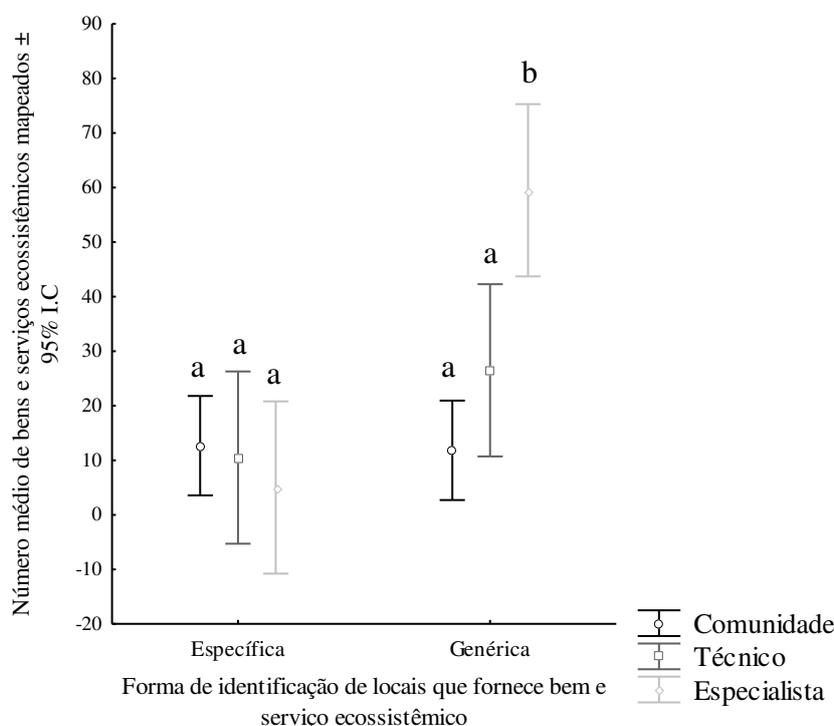
Variáveis	Número de pontos mapeados				
	SQ	F	g.l	MSQ	p
Intercepto	4560,020	262,422	1	4560,020	< 0,001
S	15,369	0,442	2	7,684	0,648
PI	751,512	21,624	2	375,756	< 0,001
S x PI	331,855	4,774	4	82,964	0,007
Erro	347,533		20	17,377	

Fonte: Pesquisa aplicada (2018)

Os especialistas reconheceram de forma genérica os locais em que há processos e funções do ecossistema que beneficiam o ser humano, ou seja, identificaram todo um

ambiente como fornecedor de um dado bem ou serviço ecossistêmico (Anova fatorial, $F= 10,63$; $g.l= 2$; $p< 0,001$; Figura 10; Tabela 12), de modo que 92,2% dos bens e serviços do ecossistema mapeados (48,9% do total registrado pelo conjunto de partes interessadas) foram apontados por especialistas de forma generalista na área de estudo (Tabela 13). O grupo de técnicos verificaram de modo amplo os locais em que oferta bens e serviços do ecossistema (71,6%; Tabela 11), no entanto, não houve diferença significativa entre as categorias de forma de identificação do local (específica ou genérica) para esse grupo de interesse (Teste de Tukey; $p= 0,64$; Figura 10; Apêndice D). Diferentemente, a comunidade registrou maior quantidade de locais específicos que o ecossistema oferta bens e serviços para a população (51,7% do total de área mapeadas para MBHRP), correspondendo a 71,03% das respostas deste grupo (Tabela 13). Por exemplo, a comunidade identificou os pontos que provem remédios e chás (classe: material genético para usos farmacêuticos, usos bioquímicos e bioengenharia), enquanto que o grupo de técnico e de especialista identificaram o ambiente em toda a microbacia hidrográfica (área verde e mata ciliar).

Figura 10- Média de bens e de serviços ecossistêmicos mapeados em função da categoria das partes interessadas e a forma de identificação do local que oferta bem e serviço do ecossistema (específica ou genérica) na Microbacia Hidrográfica Riacho das Piabas (Paraíba, Brasil). I.C= intervalo de confiança



Fonte: Pesquisa aplicada (2018)

Tabela 12- Resultado do teste estatístico Anova dois fatores para classe de bens e de serviços ecossistêmicos mapeados em função da forma de identificação do local (específica ou genérica) que oferta bem e serviço do ecossistema (FA) e categoria das partes interessadas (PI) na Microbacia Hidrográfica Riacho das Piabas (Paraíba, Brasil). SQ= soma dos quadrados; g.l= grau de liberdade; e MSQ= média da soma dos quadrados

Variáveis	Número de áreas mapeadas				
	SQ	F	g.l	MSQ	p
Intercepto	6804,000	62,765	1	6804,000	< 0,001
FA	1205,000	5,558	2	602,500	0,02
PI	2080,048	19,188	1	2080,048	< 0,001
FA x PI	2303,533	10,625	2	1151,767	< 0,001
Erro	1517,667		14	108,405	

Fonte: Pesquisa aplicada (2018)

Tabela 13- Número de classes de bens e serviços ecossistêmicos de acordo com a forma de identificação do local (específica ou genérica) pelas partes interessadas na Microbacia Hidrográfica Riacho das Piabas (Paraíba, Brasil)

Parte interessada	Forma de identificação do local que oferta bem e serviço do ecossistema			
	Específica	%	Genérica	%
Comunidade	76	71,03	71	29,22
Técnico	21	19,63	53	21,81
Especialista	10	9,35	119	48,97
Total	107		243	

Fonte: Pesquisa aplicada (2018)

4.2.3- Nível de importância de bens e de serviços ecossistêmicos

Houve diferença marcante na percepção entre as partes interessadas quanto à posição (*ranking*) da média de nível de importância de classes de bens e serviços ecossistêmicos. A comunidade reconheceu com nível de importância muito alto o serviço cultural de identidade e patrimônio cultural e histórico ($NI_{\text{médio}} = 5,0$); os serviços de regulação estabilização de taludes e controle de taxas de erosão ($NI_{\text{médio}} = 5,0$) e manutenção de ciclo hidrológico e fluxos de águas ($NI_{\text{médio}} = 4,6$); e o serviço de provisão agricultura ($NI_{\text{médio}} = 4,6$; Tabela 14). Enquanto que o grupo técnico apontou com elevada importância a provisão de material genético para usos farmacêuticos, usos bioquímicos (fermentação) e bioengenharia ($NI_{\text{médio}} = 5$), agricultura, material de construção e o serviço de regulação estabilização de taludes e controle de taxas de erosão ($NI_{\text{médio}} = 3$; Tabela 14). A parte interessada especialista relatou cinco classes de bens e de serviços ecossistêmicos com muito alta importância ($NI_{\text{médio}} = 5$): água de subsolo para nutrição, espaço aéreo, manutenção de ciclo hidrológico e fluxos de águas,

estudo científico e atividades educacionais e identidade e patrimônio cultural e histórico (Tabela 14).

Os bens e serviços do sistema ecológico com menor média de nível de importância registrados pela comunidade foram: material para uso ornamental ($NI_{\text{médio}}=1,5$), pecuária ($NI_{\text{médio}}=1,6$), caça e pesca ($NI_{\text{médio}}=1,8$) e manutenção de populações, habitats e berçário ($NI_{\text{médio}}=1,8$; Tabela 14). O grupo técnico avaliou com baixa relevância os serviços de água de subsolo para uso não nutricional humano e energia de biomassa de animais, plantas ou algas ($NI_{\text{médio}}=1$), enquanto que os especialistas identificaram a provisão de flora silvestre para nutrição ($NI_{\text{médio}}=0,9$) e material não metálico e os serviços de regulação controle de pestes e de doenças e mediação de resíduos, contaminações e outros problemas através da filtração, sequestro e acumulação como de importância muito baixa ($NI_{\text{médio}}=1$; Tabela 14).

De modo geral, as partes interessadas reconheceram com importância elevada o serviço de provisão espaço aéreo ($NI_{\text{médio}}=4,7$), embora tenha sido identificada apenas pelas partes interessada comunidade e especialista, e o serviço de regulação manutenção do ciclo hidrológico e fluxos de água ($NI_{\text{médio}}=4,2$) que

foi registrada por todos os grupos de interesse (Tabela 14). O último serviço também foi identificado com relevância muito alta pela comunidade ($NI_{\text{médio}}=4,6$) e especialista ($NI_{\text{médio}}=5,0$), quando analisado os grupos de interesse separadamente (Tabela 14). Os bens e serviços de baixa importância apontados pelo conjunto de partes interessadas foram: material não metálico e controle de peste e doença ($NI_{\text{médio}}=1,0$) que foram reconhecidos apenas pelos especialistas, os quais identificaram com elevado nível de importância o serviço de controle de peste e doença ($NI_{\text{médio}}=4,6$; Tabela 14).

Tabela 14- Seção e classe de bens e de serviços ecossistêmicos e seus respectivos níveis de importância, NI, (muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto) por parte interessada e média ponderada de nível de importância (NI médio) da Microbacia Hidrográfica Riacho das Piabas (Paraíba, Brasil). C= comunidade; T= técnico; e E= especialista

Seção e classe de bens e de serviços ecossistêmicos	Muito baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito alto	NI médio C	NI médio T	NI médio E	NI médio geral
Provisão						2,8	2,4	2,8	2,7
Agricultura		T2	E2	C3; T1	C5; E1	4,6	3,0	4,1	4,0
Pecuária			E2	C3; C6	E1	1,6		4,1	2,4
Caça e pesca	C5; T1	C1	C4; C6; E1	C2; C3; T1; E2		1,8	1,3	2,4	1,8
Flora silvestre para nutrição	E1	C1	E2	C6	C3; C4; C5	3,0		0,9	2,3
Água de subsolo para nutrição			C6; T2	C2; C6	C4; C5; T1; E1; E2	3,5	2,7	5,0	3,6
Corpos d'água de superfície para nutrição	T1	T1	E2	C2	C3; E1	3,0	1,5	1,9	2,2
Material genético para usos farmacêuticos, usos bioquímicos (fermentação) e bioengenharia		E1		C6; E2	C4; C5; T1	2,9	5,0	1,4	2,5
Material para uso ornamental			C6; T1; E2			1,5	1,5	3,0	1,8
Material de plantas, algas e animais para uso na agricultura			C1; E1; E2	C3; C4; C5; C6		3,2		2,1	2,9
Material não-metálico		E2						1,0	1,0
Material de construção			C1; C6; T1	C2; C3; E2		2,8	3,0	2,0	2,6
Água de subsolo para uso não nutricional humano	T1		C6	E2	E1; E2	3,0	1,0	4,6	3,4
Corpos d'água de superfície para uso não nutricional humano			T1; T2	T2	E1; E2		2,5	2,5	2,5
Energia de biomassa de animais, plantas ou algas		C1; T1		C2; E2		2,0	1,0	2,0	1,7

Fonte: Pesquisa aplicada (2018)

Continuação da Tabela 14

Seção e classe de bens e de serviços ecossistêmicos	Muito baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito alto	NI médio C	NI médio T	NI médio E	NI médio geral
Energia mecânica de animais				E1; E2				4,0	4,0
Espaço terrestres		C1; E1	C1; C2; C4; C5; E2	C1; C4; C5; C6	C1; C3; C5	2,1		2,4	2,2
Espaço aéreo				C4	C5; E1	4,5		5,0	4,7
Regulação						3,4	2,3	2,1	2,2
Mediação de resíduos, contaminações e outros problemas através da filtração, sequestro e acumulação		E2	T1	C1	C2; C5; T1	3,6	2,7	1,0	2,8
Mediação de resíduos, contaminações e outros problemas através da diluição por ecossistemas atmosféricos, aquáticos e marinhos		T1	E2	T2	T1		2,2	1,5	2,0
Mediação de resíduos, contaminações e outros problemas através da mediação de cheiros, ruídos e impactos visuais				E2	E1			2,3	2,3
Estabilização de taludes e controle de taxas de erosão	T1		T1; E2		C4; T2; E1	5,0	3,0	4,1	3,8
Manutenção do ciclo hidrológico e fluxos de águas				C1	C3; C4; T2; E1; E2	4,6	2,5	5,0	4,2
Proteção contra inundações	T1		T1	E2	C3	2,5	2,0	4,0	2,6
Mediação de fluxos através da proteção contra tempestades (de vento)			E2					1,5	1,5
Mediação de fluxos através da ventilação e transpiração			C2; E1	C3	C4; T2; E2	2,1	1,3	1,5	1,7

Fonte: Pesquisa aplicada (2018)

Continuação da Tabela 14

Seção e classe de bens e de serviços ecossistêmicos	Muito baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito alto	NI médio C	NI médio T	NI médio E	NI médio geral
Manutenção das populações, habitats e berçário		C2	E2	C2; C3; E1	C3; C4	1,8		1,3	1,6
Polinização				C5; E2	E1	4,0		2,3	2,7
Dispersão de sementes				E2	E1			2,3	2,3
Controle de doenças		E2						1,0	1,0
Controle de pestes		E2						1,0	1,0
Regulação climática global através da redução na concentração de gases de efeito estufa				E2				2,0	2,0
Regulação climática local e regional					E1; E2			2,5	2,5
Formação e composição da terra e sedimento terrestre ou marinho através do intemperismo			E2		E1			2,1	2,1
Formação e composição da terra através da decomposição e fixação			E2		E1			1,7	1,7
Condições químicas da água doce (qualidade da água)		E1; E2						1,4	1,4
Cultural						3,0	1,6	2,8	2,5
Experiências com espécies e paisagens	T1	T1	C1; C4; T2	C3; C5; C6; T1; T2; E2	C1; C2; C3; C4; T2; E1	2,1	1,5	1,3	1,8
Atividades físicas em ambientes naturais	T1		C4; C5; T2	C1; C3; C5; C6; E2	C2; C4; T1; T2; E1	2,2	2,0	1,5	2,0
Estudo científico e atividades educacionais		T1		C4	C6; T1; E1; E2	3,1	1,4	5,0	2,7
Valor paisagístico				E2	E1			2,5	2,5

Fonte: Pesquisa aplicada (2018)

Continuação da Tabela 14

Seção e classe de bens e de serviços ecossistêmicos	Muito baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito alto	NI médio C	NI médio T	NI médio E	NI médio geral
Identidade e patrimônio cultural e histórico			T1		C2; E1; E2	5,0	1,5	5,0	3,7
Existência					E1; E2			2,1	2,1
Legado			T1	C1; C3; T2	C3; T2; E1; E2	2,4	1,7	2,1	2,0

Fonte: Pesquisa aplicada (2018)

4.2.4- Percepção social sobre os ambientes que ofertam bens e serviços ecossistêmicos

As áreas com cobertura vegetal (áreas verdes e mata ciliar) foram as mais indicadas pelas partes interessadas (49%) como fornecedores de bens e serviços ecossistêmicos, sendo que o ambiente de mata ciliar ofertou 71,4% das classes registradas (Tabela 14). O ambiente construído ofereceu o menor número de serviços ecossistêmicos (5%): espaço terrestre e aéreo de ocupação humana, seguido do ambiente rural, que de modo geral, foi menos citado quanto ao número de locais que ofertaram benefícios para o ser humano (Apêndice E para mais detalhes). A comunidade mapeou mais locais que disponibilizam bens e serviços ecossistêmicos em espaços verdes, seguido do ambiente urbano e mata ciliar. Os técnicos identificaram as áreas verdes, reservatório de água superficial e mata ciliar como os maiores provedores de bens e serviços ecossistêmicos, enquanto que os especialistas registraram mata ciliar, áreas verdes e reservatório de água superficial (Tabela 15).

É oportuno ressaltar que os serviços ecossistêmicos: estudo científico e atividades educacionais, manutenção do ciclo hidrológico e fluxo de água e energia mecânica de animais foram atribuídos pelos grupos de especialista e técnico como ofertado por toda a microbacia hidrográfica estudada. No entanto, tais serviços, com exceção do serviço energia mecânica de animais, foram identificados de forma específica pela comunidade.

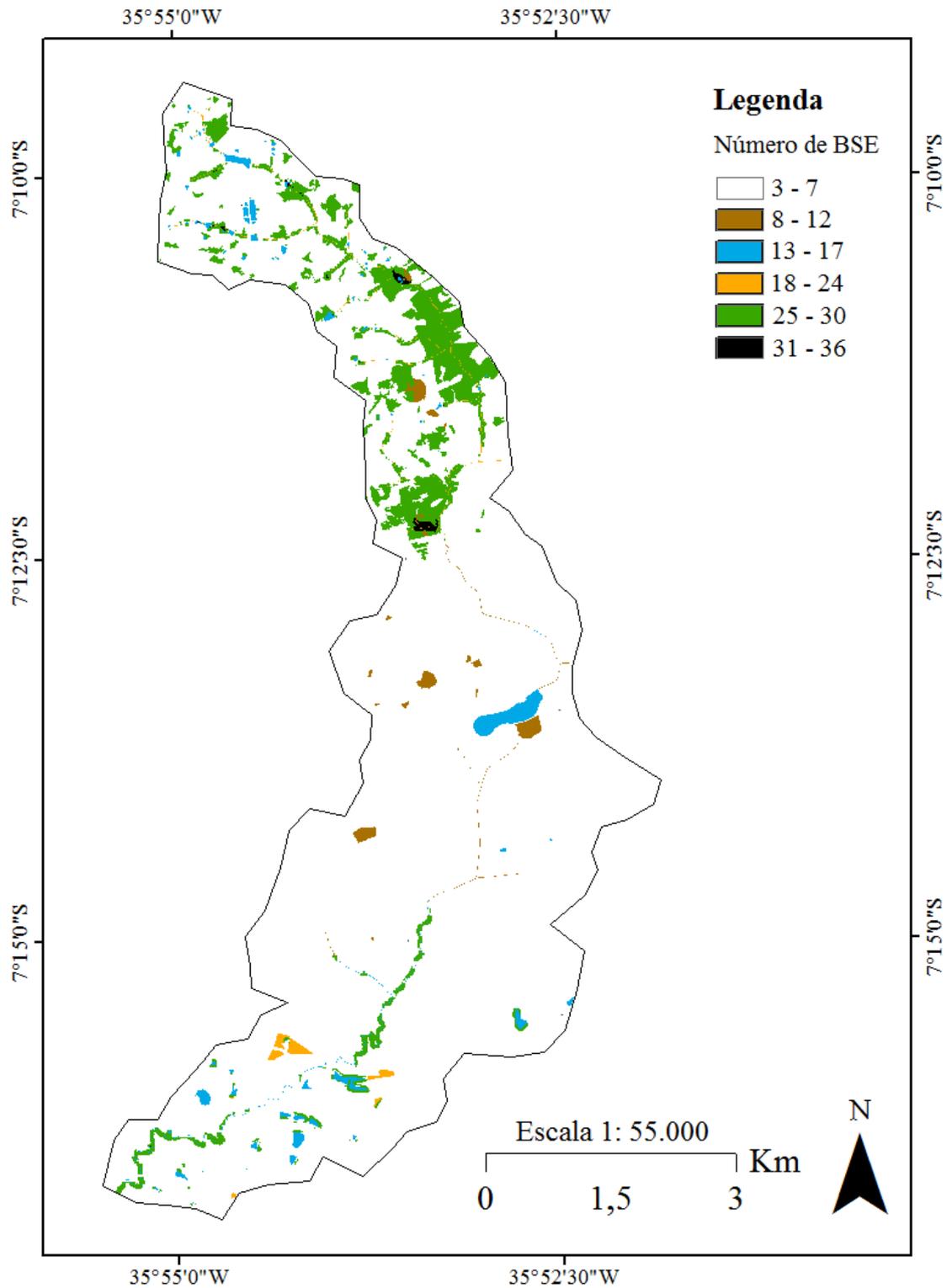
Tabela 15- Tipos de ambientes e seus respectivos números de locais mapeados (N) e número de classe de bens e serviços ecossistêmicos (N_c) segundo cada parte interessada na Microbacia Hidrográfica Riacho das Piabas (Paraíba, Brasil)

Ambiente	Comunidade			Técnico			Especialista			Total			
	N	N (%)	N _c	N _{am}	N (%)	N _c	N	N (%)	N _c	N	N (%)	N _c	N _c (%)
Áreas verdes	43	29,25	14	18	24,32	10	36	27,91	23	97	27,71	27	64,29
Mata ciliar	21	14,29	13	16	21,62	9	37	28,68	25	74	21,14	30	71,43
Curso de água	17	11,56	9	11	14,86	8	12	9,30	11	40	11,43	16	38,10
Nascentes	20	13,61	10	9	12,16	6	6	4,65	4	35	10,00	14	33,33
Reservatórios de água	17	11,56	6	15	20,27	11	23	17,83	14	55	15,71	16	38,10
Rural	6	4,08	2	4	5,41	3	7	5,43	4	17	4,86	6	14,29
Urbano	23	15,65	2				3	2,33	2	26	7,43	2	4,76
Toda a microbacia hidrográfica				1	1,35	1	5	3,88	3	6	1,71	3	7,14
Total	147	100,00	42	74	100,00	42	129	100,00	42	350	100,00	42	

Fonte: Pesquisa aplicada (2018)

A montante da microbacia hidrográfica estudada, setor Norte, ofertou maior quantidade de bens e serviços ecossistêmicos para a população, sobretudo em ambientes de áreas vegetadas com nascentes, de remanescentes vegetacionais e de mata ciliar, conforme a figura 11. O trecho médio da microbacia hidrográfica há predomínio de ambiente construído que disponibilizou poucos bens e serviços ecossistêmicos, nesse setor as áreas verdes urbanas e reservatório de água (ex.: açude) destacaram-se quanto ao número de bens e serviços ecossistêmicos citados pelas partes interessadas (Figura 11). Na jusante, setor Sul, a mata ciliar e os reservatórios de água foram os ambientes mais apontados quanto ao número de benefícios disponíveis para ser humano oriundos do sistema ecológico (Figura 11).

Figura 11- Áreas que ofertam bens e serviços ecossistêmicos (BSE) a partir da percepção das partes interessadas na Microbacia Hidrográfica do Riacho das Piabas (Paraíba, Brasil)

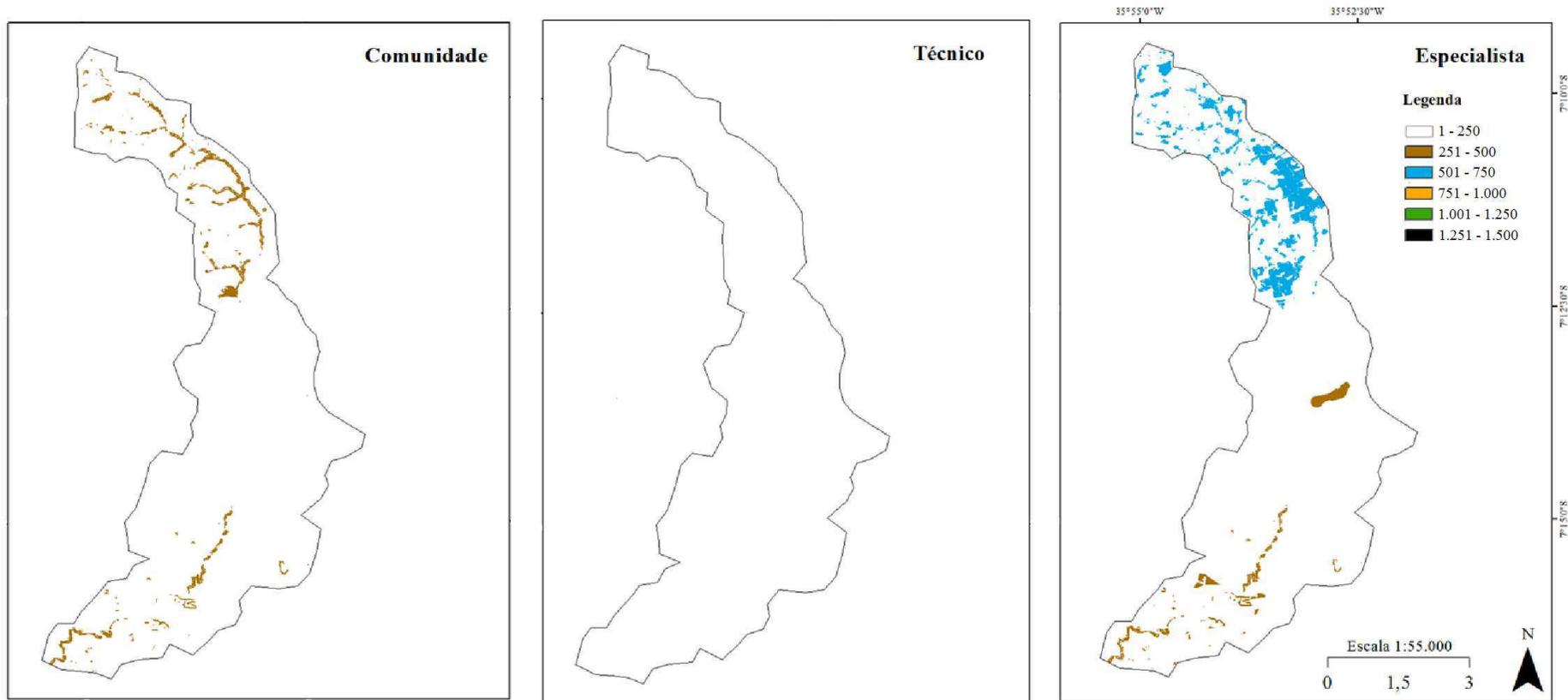


Fonte: Pesquisa aplicada (2018)

4.2.5- Percepção social quanto ao nível de importância de ambientes que ofertam bens e serviços ecossistêmicos

A zona periurbana e zona rural, sobretudo a montante da MBHRP, foram apontadas por cada parte interessada como as áreas que apresentaram maior nível de importância quanto aos benefícios ofertados pelo sistema ecológico, em especial, a propriedade popularmente chamado de “Mata de seu Biro” localizada na Mata do Louzeiro e o local onde ocorrem caminhadas ecológicas organizadas pela Articulação pela Revitalização do Riacho das Piabas (Figura 12 e 13). Por outro lado, o setor médio (área urbanizada) foi reconhecido com o menor nível de importância de bens e serviços ecossistêmicos, bem como o ambiente rural destinado a agricultura e pastagem no setor mais ao Norte e à Sul da área de estudo. O grupo técnico, quando comparado com os demais grupos de interesse, reconheceu relevância baixa (variação do nível de importância de 6 a 213) de bens e serviços ecossistêmicos disponibilizados pela microbacia hidrográfica para a população. No entanto, os técnicos destacaram áreas específicas vegetadas (remanescentes florestais e mata ciliar) com alta relevância para esse grupo. Diferentemente, os especialistas apontaram maior número de áreas que oferecem benefícios ecossistêmicos e maior nível de importância (variando de 82 a 684; Figura 12). A comunidade registrou variação de nível de importância de bens e serviços ecossistêmicos entre 4 a 522, sobressaindo as áreas de transição entre mata ciliar e corpo hídrico e trechos de mata ciliar, especialmente a montante da MBHRP, com alta relevância social (Figura 12).

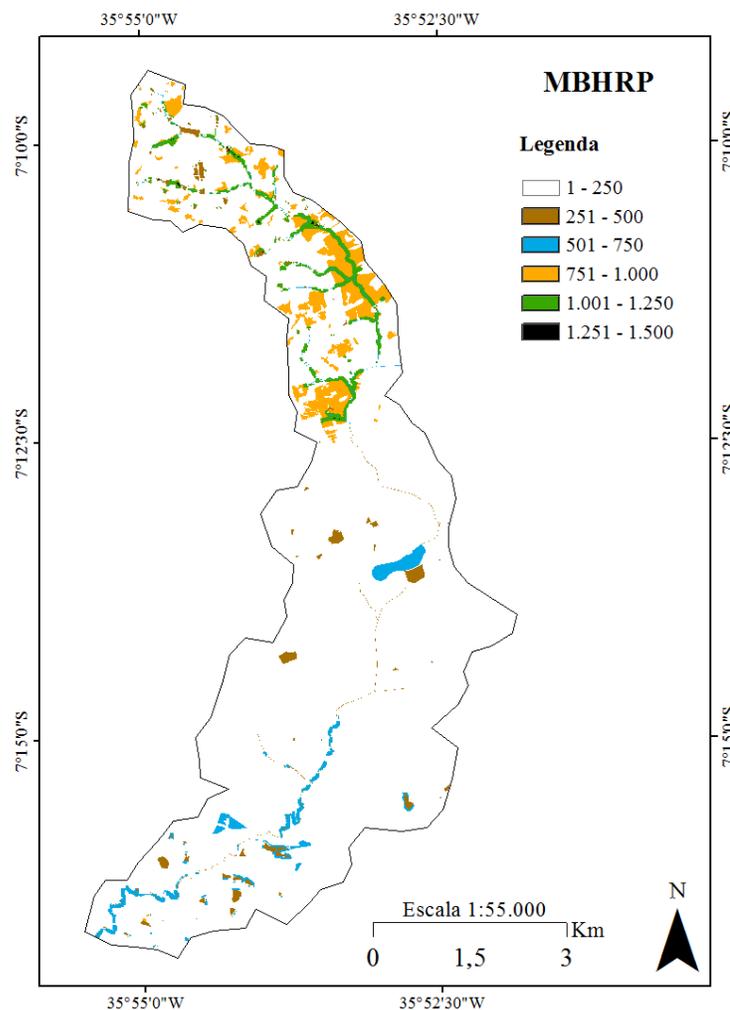
Figura 12- Localização de ambiente conforme o nível de importância de bens e de serviços ecossistêmicos multiplicado pelo número de pessoas participantes na criação de mapas por partes interessadas (comunidade, técnico e especialista) na Microbacia Hidrográfica Riacho das Piabas (Paraíba, Brasil)



Fonte: Pesquisa aplicada (2018)

Evidenciou-se, a partir do mapa único do nível de importância de áreas que ofertam bens e serviços ecossistêmicos multiplicado pelo número de pessoas participantes na produção de mapas na microbacia hidrográfica estudada (variação do nível de importância de 88 a 1.456), que, a montante da MBHRP, as áreas de transição entre mata ciliar e corpo hídrico, os trechos de mata ciliar e as florestas remanescentes apresentaram alta importância (Figura 13). No setor médio, o Açude Velho e áreas de parques e praças foram identificadas com maior nível de relevância (Figura 13). Na jusante da microbacia hidrográfica destacou-se os ambientes de mata ciliar e de remanescente florestais como de elevado nível de importância.

Figura 13- Localização de ambiente conforme o nível de importância de bens e de serviços ecossistêmicos multiplicado pelo número de pessoas participantes na criação de mapas pelo conjunto de partes interessadas na Microbacia Hidrográfica Riacho das Piabas (Paraíba, Brasil)



5- DISCUSSÃO

Este estudo contribui para o conhecimento atual dos impactos resultantes das alterações no uso e ocupação da terra na prestação de bens e serviços ecossistêmicos, fornecendo a primeira avaliação de mudanças espaço-temporais no valor total estimado de bens e serviços ecossistêmicos em uma área do agreste brasileiro (ecótono tropical entre os biomas Mata Atlântica e Caatinga). O método de transferência de benefícios foi utilizado para quantificar as perdas de bens e serviços ecossistêmicos devido ao processo de urbanização na Microbacia Hidrográfica Riacho das Piabas, Paraíba, Nordeste do Brasil, entre os anos de 1989, 2007 e 2014. Diante da falta de dados locais, considerou-se a aplicação do método de transferência de benefícios que foi útil para identificar: (a) os bens e serviços ecossistêmicos mais afetados pela expansão urbana; e (b) as avaliações locais que podem contribuir para apoiar as decisões de desenvolvimento e gestão de políticas sustentáveis. Adicionalmente, este estudo colabora com análise da valoração de bens e serviços ecossistêmicos com base na percepção de partes interessadas na área de estudo acerca da integridade ecológica e dos benefícios provenientes do ecossistema local para os humanos, a fim de propor abordagem prática de identificação de potenciais áreas prioritárias para recuperação e/ou conservação ambiental na perspectiva de gestão baseada em ecossistemas.

5.1- EXPANSÃO URBANA E PERDA DE BENS E SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS NO ECÓTONO AGRESTE

Os efeitos da urbanização rápida e desordenada, comumente observados em países em desenvolvimento, causaram redução de áreas vegetadas na MBHRP (exemplo: vegetação arbustiva e arbórea) de 60% para apenas menos de 13% da área de estudo entre 1989 e 2014. Os efeitos desse tipo de expansão urbana e do declínio de áreas com vegetação em recursos hídricos (HÜMANN et al., 2011; SCHNEIDER; LOGAN; KUCHARIK, 2012), regulação de microclima (KALNAY; CAI, 2003; SCHNEIDER; LOGAN; KUCHARIK, 2012) e fragmentação de habitats e biodiversidade (SETO; GÜNERALP; HUTYRA, 2012; NEWBOLD et al., 2015) são bem descritos na literatura e têm implicações críticas em locais semiáridos como o agreste. Avaliação em escala global indica que a ecorregião onde a MBHRP está localizada é uma das áreas mais

vulneráveis às mudanças climáticas, uma vez que a baixa estabilidade climática e a degradação de áreas vegetadas estão contribuindo para a perda de biodiversidade e de funções ecossistêmicas (WATSON; IWAMURA; BUTT, 2013). De acordo com Vieira et al. (2015), 94% da região Nordeste do Brasil apresenta suscetibilidade moderada a alta à desertificação. As previsões apontam grande aumento na temperatura e redução na precipitação, com tendência para longos períodos de seca (MARENGO; TORRES; ALVEZ, 2017), aumentando a evaporação e a pressão sobre os recursos de água doce (GUTIÉRREZ et al., 2014). A região é periodicamente afetada por grave escassez de água causada pelas secas, a última iniciou em 2012 e resultou em quase cinco anos de restrição de abastecimento doméstico de água a poucos dias por semana e irrigação proibida em áreas rurais. O aumento da temperatura e da seca intensificará os impactos socioeconômicos relacionados à escassez de água, que é uma questão importante na região (MARENGO; TORRES; ALVEZ, 2017).

A tendência climática de aumento da aridez pode criar condições mais favoráveis à vegetação da Caatinga semiárida, deslocando ou encolhendo os limites do ecótono e aumentando a pressão sobre a Mata Atlântica úmida. Tal mudança pode agravar o declínio do VSE total estimado e proporcionar perda de bens e serviços ecossistêmicos relevantes a regulação do fluxo de água e do clima (amplamente fornecidos pelas florestas) e manutenção da biodiversidade (por exemplo, polinização e controle biológico). A redução desses importantes serviços ecossistêmicos (por exemplo, 78% da polinização e 89% da regulação climática) observada nos 25 anos analisados aumentou a vulnerabilidade do ecótono às mudanças climáticas, provavelmente contribuindo para a tendência à desertificação (por exemplo, acelerando seus efeitos e/ou expandindo a área afetada). É importante mencionar que, em áreas tropicais, a perda de áreas naturais com vegetação atualmente é, e provavelmente será no futuro, uma ameaça maior à degradação do ecossistema ou à extinção de espécies do que a mudança climática (WATSON; IWAMURA; BUTT, 2013), tornando as intervenções de conservação e restauração ambiental cada vez mais importantes.

5.1.1- Ressalvas do estudo

As limitações em transferir o valor de um coeficiente unitário geral para representar o VSE local são bem descritas (por exemplo, NELSON et al., 2009; RICHARDSON et al., 2015;

ROLFE et al., 2015) e reconhecidas aqui. Embora o VSE absoluto obtido através da transferência de benefícios deva ser considerado com cautela, eles foram usados aqui para indicar a magnitude de mudança; e alertar para os bens e serviços ecossistêmicos mais afetados e que devem ser priorizados em avaliações locais que possam informar e auxiliar as decisões políticas de gestão (KREUTER et al., 2001; TIANHONG; WENKAI; ZHENGHAN, 2010; MENDOZA-GONZÁLEZ et al., 2012; RICHARDSON et al., 2015; TOLESSA; SENBETA; KIDANE, 2017; YI et al., 2017).

No entanto, é importante ilustrar algumas das questões relacionadas à aplicação do método de transferência de benefícios na área de estudo. Dados de VSE de ecótonos e condições semiáridas são escassos (ou inexistentes), dificultando a aplicação de coeficientes que seriam mais representativos para os cenários biofísicos locais. As características da área de estudo são geograficamente específicas; uma área de transição entre dois biomas brasileiros únicos e ameaçados (Mata Atlântica e Caatinga). O uso de valores de transferência de áreas de características socioeconômicas semelhantes (como exemplo, América Latina) pode ser mais representativo se refletirem condições biofísicas semelhantes, contudo, a maioria dos dados da América Latina foi obtida em locais que são consideravelmente diferentes (por exemplo, a Amazônia), tanto em condições biofísicas quanto em tipo e intensidade de uso e ocupação da terra, do ecótono semiárido na área de estudo. Além disso, o uso de dados da América Latina apenas limitaria o número de biomas e os bens e serviços ecossistêmicos que poderiam ser avaliados. Quando os dados de biomas equivalentes não estão disponíveis (como é o caso deste estudo), usar valores generalizados é mais aceitável para reduzir as incertezas (RICHARDSON et al., 2014; CRESPI; SIMONETTI, 2016).

As estimativas de VSE podem ser fortemente influenciadas pela categoria de uso e ocupação da terra dominante, como exemplificado pelos resultados deste estudo, se: (a) sua área for substancialmente maior que as demais categorias de uso e ocupação da terra; (b) sua área mudar, de forma considerável, ao longo do tempo; e (c) apresentar VSE maior que as outras categorias de uso e ocupação da terra. Embora a análise de sensibilidade tenha indicado que o VSE total estimado para o MBHRP foi robusto (ou seja, $CS < 1$), o seu valor variou $\pm 40\%$ e a descapitalização $\pm 49\%$ quando se considerou ajustes de $\pm 50\%$ $CV_{\text{vegetação arbórea}}$. O VSE da categoria de uso e ocupação da terra dependeu do valor monetário de cada bem e serviço ecossistêmico e do número de bens e serviços incluídos nos cálculos. O CV usado neste estudo

(de GROOT et al., 2012) foi resultante de número diferente de bens e serviços ecossistêmicos para calcular cada VSE do uso e ocupação da terra (17 para $VSE_{\text{vegetação arbórea}}$, 10 para $VSE_{\text{gramínea/pastagem}}$, nove para $VSE_{\text{vegetação arbustiva}}$ e quatro para $VSE_{\text{corpo hídrico}}$; Tabela 5). A questão é onde os bens e serviços ecossistêmicos existem, mas tal informação foi omitida devido à falta de estudos de avaliação em alguns dos biomas/uso e ocupação da terra equivalente, gerando uma discrepância no VSE para avaliar os impactos das mudanças do uso e ocupação da terra. A referida discrepância e o uso indiscriminado de coeficientes generalizados podem direcionar ao conhecimento mal interpretado e à tomada de decisão mal informada e foram identificados como pontos fracos do método de transferência de benefícios (por exemplo, NELSON et al., 2009).

A discrepância no CV descrita no parágrafo anterior será gradualmente minimizada à medida que mais estudos de avaliação forem adicionados às bases de dados globais, preenchendo as lacunas existentes (RICHARDSON et al., 2015). Portanto, sempre que possível, as avaliações locais devem ser preferidas, particularmente na avaliação de bens e serviços ecossistêmicos considerados valiosos localmente. Na área de estudo, os serviços culturais, como informações estéticas, ilustraram essas limitações. A avaliação da informação estética estava disponível apenas para o uso e ocupação da terra gramínea/pastagem (Tabela 5), ao passo que o recurso hídrico, provavelmente, teria o valor mais alto se a avaliação local estivesse disponível. No curso principal do Riacho das Piabas, particularmente o Açude Velho, é um marco icônico do município de Campina Grande (a imagem mais usada para refletir a identidade da cidade em cartões postais, pinturas e publicidade), sendo o local escolhido para abrigar esculturas, monumentos históricos e o Museu de Arte Popular da Paraíba. A valoração dos serviços ecossistêmicos culturais (por exemplo, informações estéticas) deve ser estimulada em nível local, pois seu valor é muito específico do local e está subrepresentado em bancos de dados globais.

Estimar o VSE usando um coeficiente de valor constante, independentemente de variações na qualidade e/ou como o valor de mercado pode ter mudado ao longo do tempo foi outra limitação do método de transferência de benefícios (NELSON et al., 2009; RICHARDSON et al., 2015; ROLFE et al., 2015). Na área de estudo, é provável que as mudanças na provisão de bens e serviços de corpos hídricos (15,4% ao longo do período de 25 anos) sejam subestimadas devido a duas razões principais: (a) a grande diferença entre o valor atribuído aos bens e serviços ecossistêmicos de corpos hídricos e as demais categorias de uso e ocupação da terra; e (b) a redução da qualidade da água ao longo do tempo na área de estudo. O serviço de fornecimento de

água foi 67 vezes maior para a categoria de uso e ocupação da terra corpo hídrico (US\$ 2.203,00) do que para a categoria vegetação arbórea (US\$ 33,00); de maneira que pequenas mudanças na extensão do corpo hídrico superficial proporcionaram contribuição relativa importante para esse serviço ecossistêmico. Embora tenha ocorrido aumento na área de água armazenada na MBHRP, nos últimos anos parte dela fornece água somente para uso secundário (por exemplo, irrigação de áreas verdes urbanas), visto a baixa qualidade da água. A importância do abastecimento de água, os custos ambientais e socioeconômicos das pressões existentes e futuras (por exemplo, os impactos das mudanças climáticas) e o nível de investimento exigido na MBHRP exigem esforços de avaliação da demanda e da entrega real em nível local.

5.2- PERCEPÇÃO SOCIAL E VALORAÇÃO DE BENS E SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS

A preferência individual e coletiva acerca de benefícios oriundos da natureza para o bem-estar físico, mental e espiritual humano são resultantes das necessidades básicas de manutenção da vida (exemplo: oxigênio, água e nutrientes), da construção cultural e educacional (formal e informal) e da experiência do indivíduo com o ambiente (exemplos: MARTÍN-LÓPEZ et al., 2012; CORTINOVIS; GENELETTI, 2018). Neste contexto, evidenciou-se que a percepção entre as partes interessadas sobre a paisagem local diferiu significativamente quanto a contribuição do ecossistema para promoção e manutenção de atividades socioeconômicas, sobretudo em relação aos tipos de classes de bens e de serviços ecossistêmicos ofertados pela MBHRP e o número de áreas mapeadas, como apontados por outros trabalhos (MARTÍN-LÓPEZ et al., 2012; INIESTA-ARANDIA et al., 2014; OTEROS-ROZAS et al., 2014; GARCÍA-NIETO et al., 2015).

A parte interessada comunidade foi mais específica no mapeamento de áreas que ofertaram benefícios provenientes do sistema ecológico da MBHRP para o ser humano do que os grupos de técnico e de especialista, que foram generalistas. Adicionalmente, o grupo comunidade registrou maior número de tipos de bens e serviços da classe provisão (52,4% dos pontos mapeados), os quais foram percebidos com mais facilidade pelos seres humanos por serem tangíveis (RODRIGUEZ et al., 2006) e relevantes para sobrevivência, para o conforto e satisfação do indivíduo, suprimindo as necessidades básicas humanas, como água potável, alimento, material para construção, entre outros (MEA, 2005). Desta forma, evidenciou-se que a comunidade notou os bens e serviços do ecossistema a partir de suas necessidades e atividades

diárias (LOC et al., 2018), bem como por meio de experiência com o local (MARTÍN-LÓPEZ et al., 2012; INIESTA-ARANDIA et al., 2014).

O grupo de técnico, que englobou a parte interessada com alta influência no gerenciamento ambiental (gestores públicos e técnicos em meio ambiente), mapeou majoritariamente pontos que ofertaram serviços culturais (45,9% dos pontos mapeados). É notório que os ambientes predominantemente urbanizados, como a MBHRP, dependem da integridade ecológica de áreas rurais circunvizinhas e da importação de recursos naturais de outras localidades (HAILS; ORMEROD, 2013). Sendo assim, é possível que a visão da parte interessada com maior influência na tomada de decisão acerca do planejamento e gerenciamento da área de estudo esteve mais conectada a dinâmica de um ambiente urbano, de modo que esta parte interessada percebeu principalmente os benefícios da interação do ser humano com o ambiente natural remanescente que proporciona aos cidadãos e turistas experiências educacionais, recreativas, espirituais e beleza cênica.

O grupo de especialista identificou elevado pontos que ofertaram serviços de regulação (43,4% dos pontos mapeados), os quais correspondem as condições ambientais desejáveis para o bem-estar humano a nível local, regional e global. A identificação de certos serviços de regulação requere entendimento formal minucioso de processos biofísicoquímicos e da interação entre os componentes bióticos e abióticos. Ademais, a natureza intangível e o benefício indireto de certos serviços de regulação podem ter sido os fatores para que as demais partes interessadas apontassem menos ou não registrassem classe de serviço ecossistêmico desta seção (exemplo: COSTANZA et al., 2017). O conhecimento prévio do grupo especialista da lista de bens e de serviços ecossistêmicos desenvolvida pelo projeto VALSA atrelado ao conhecimento científico sobre os elementos que compõem os serviços de regulação, tornou este grupo capacitado para identificar mais tipos de benefícios ofertados pelo ecossistema.

O serviço de manutenção do ciclo hidrológico e fluxos de águas foi mencionado com alta importância social por todos os grupos participantes. A relevância do serviço de regulação hídrica percebida pelas partes interessadas resultou da vivência da população aos ciclos de secas climáticas, comuns na região semiárida do nordeste brasileiro (MARENGO; TORRES; ALVEZ, 2017). Adicionalmente, a regulação do fluxo de água foi um dos serviços do ecossistema mais afetado negativamente pela mudança no uso e ocupação da terra movido pela expansão urbana (FERREIRA et al., 2018). A escassez de recurso hídrico na área de estudo e a relevância do

mesmo para a sobrevivência humana e de suas atividades econômicas foram determinantes para o expressivo nível importância de bens e serviços do ecossistema ligado ao recurso hídrico, como: agricultura, água de subsolo para nutrição e para não nutricional.

Os serviços de regulação (manutenção do ciclo hidrológico e fluxos de águas; mediação de resíduos, contaminações e outros problemas através da mediação de cheiros, ruídos e impactos visuais; dispersão de sementes; e regulação climática local e regional) e culturais (estudo científico e atividades educacionais; valor paisagístico; e existência) foram os mais valiosos para o conjunto de participantes e foram frequentemente notados em áreas de uso e de ocupação da terra multifuncional, como a MBHRP, enquanto que os serviços de provisão foram apontados mais frequentemente em ambientes monofuncionais, como exemplo monocultura e pecuária (SCHNEIDER; LOGAN; KUCHARIK, 2012). A população que vive em ambientes urbanizados tende a registrar serviços de regulação e culturais que contribuem diretamente com sua satisfação no contexto urbano, de maneira que o conforto térmico, o ecoturismo, a estética, a educação ambiental, a atividade recreativa e a contemplação da natureza apresentam relevância na preferência sociocultural da população de cidades (MARTÍN-LÓPEZ et al., 2012; SCHNEIDER; LOGAN; KUCHARIK, 2012).

As áreas de transição entre ambiente dulcícola e terrestre, bem como espaços verdes (remanescentes florestais, parques e praças) disponibilizaram a maior quantidade de bens e serviços do ecossistema (73,8% do total de classes de serviços ecossistêmicos registradas), de acordo com a percepção de partes interessadas na área de estudo e tal visão também foi confirmada por outras pesquisas científicas (exemplo: YI et al., 2017; FERREIRA et al., 2018). Desta forma, em ambientes urbanizados deve considerar nos planos urbanos (sobretudo no planejamento espacial) a restauração e a conservação de área de preservação permanente, ou seja, áreas legalmente protegidas, cobertas por vegetação, com a finalidade de promover estabilidade geológica em locais íngremes e a margem de cursos de água e de corpos hídricos, conservando o recurso hídrico, o fluxo gênico e a biodiversidade (BRASIL, 2012); espaços verdes; e a criação e a manutenção de conectividade entre fragmentos florestais (CORTINOVIS; GENELETTI, 2018). Sendo assim, os múltiplos benefícios do ecossistema estarão disponíveis para as atuais e futuras gerações e as atividades socioeconômicas do ser humano estarão em maior consonância com a dinâmica ecológica do ambiente construído (CORTINOVIS; GENELETTI, 2018).

O desafio de planejar o uso e ocupação da terra e manter bens e serviços ecossistêmicos relevantes para o bem-estar humano, sobretudo em cidades, pode ser superado pela identificação de áreas importantes e chaves na provisão de benefícios para a população (DHYANI et al., 2018). Neste sentido, o procedimento metodológico desenvolvido pelo projeto VALSA (ESTEVES, 2014) revelou ser uma forma de abordagem para mapear e avaliar potenciais áreas prioritárias para restauração e conservação ambiental em sistemas predominantemente urbanizados. Em gestão baseada em ecossistemas, tal método pode ajudar a responder as seguintes perguntas: Quais bens e serviços ecossistêmicos precisam ser protegidos ou conservados? Onde devem ser protegidos ou conservados? Como devem ser protegidos ou conservados? (Adaptado de JOHNSON, 1995). Portanto, para gestão pública, as áreas são importantes pelos múltiplos bens e serviços ecossistêmicos disponibilizados, por apresentar bens e serviços de alto valor social e que são obtidos em locais específicos (raridade) e por resguardar benefícios ecossistêmicos vulneráveis ou ameaçados por certos tipos de alteração do uso e ocupação solo (exemplo: expansão urbana).

5.3- PLANEJAMENTO ESPACIAL E IMPLICAÇÕES PARA A GESTÃO BASEADA EM ECOSSISTEMAS URBANOS

As mudanças espaço-temporais no uso e ocupação da terra impulsionadas pelo desenvolvimento urbano do município de Campina Grande refletiram claramente a prioridade administrativa (ou política) para os possíveis benefícios socioeconômicos do ambiente construído sem medir as consequências da degradação ambiental. Como resultado, a cidade tornou-se cada vez mais dependente da provisão de bens e serviços de ecossistemas (por exemplo, abastecimento de água, diversas matérias-primas e alimentos) da integridade ecológica de áreas rurais circundantes (HAILS; ORMEROD, 2013). As previsões dos impactos da mudança climática no agreste exigem a implementação de uma gestão mais sustentável dos recursos hídricos capaz de impedir as mudanças no uso e ocupação da terra que proporcionem maior perda dos principais bens e serviços ecossistêmicos (por exemplo, regulação climática, moderação de perturbações e regulação do fluxo de água). Estudos que estimaram o VSE e suas mudanças ao longo do tempo frequentemente alegaram que os resultados forneceram evidências úteis para orientar decisões políticas e administrativas, mas raramente indicaram como ou onde isso pode ser aplicável. Os

resultados obtidos aqui forneceram contexto para identificar ações políticas que podem reduzir ou evitar impactos oriundo de certos usos e ocupação da terra (Quadro 3).

Quadro 3- Política de ação para minimizar as perdas relativas de VSE devido a mudanças do uso e ocupação da terra

Política de ação	Objetivos	Onde é aplicável
Estimular a conservação da natureza	Evitar os impactos ambientais e socioeconômicos das alterações resultantes do uso e ocupação da terra	onde o ambiente natural ainda está presente ou pouco alterado
Regular ou controlar tipos e taxas de ocupação	Reduzir as perdas de bens e serviços ecossistêmicos e a magnitude do investimento que pode ser necessário para substituí-los por opções alternativas	onde a urbanização é favorecida ou necessária
Promover a criação de habitats ou orientar os esforços de restauração da natureza	Obter ou melhorar o fornecimento de bens e serviços ecossistêmicos mais necessários localmente e reduzir os custos associados à degradação ambiental	onde a ocupação humana tem causado impactos ambientais ou socioeconômicos indesejáveis ou inaceitáveis, incluindo onde a compensação ambiental é necessária
Estabelecer esquemas de pagamento por serviços ambientais	Evitar perdas de bens e serviços ecossistêmicos mais ameaçados ou em risco ou em maior demanda, reduzindo as mudanças prejudiciais, ou promovendo mudanças favoráveis do uso e ocupação da terra	onde a provisão de bens e serviços ecossistêmicos pode ser mantida ou melhorada através de incentivos financeiros para proprietários/gerentes de áreas relevantes

Fonte: Pesquisa aplicada (2018)

A manutenção ou a criação de infraestrutura verde (por exemplo, espaços verdes interconectados e restauração de habitats) é cada vez mais usada como estratégia de gestão adaptativa para reduzir a vulnerabilidade a extremos climáticos e outras perturbações ambientais (GREEN et al., 2016; WATSON; IWAMURA; BUTT, 2013; SILVA et al., 2017). Em áreas urbanas e periurbanas, o investimento em infraestrutura verde interconectada, em terras públicas e privadas, combinado com a restauração de áreas com vegetação (por exemplo, vegetação ripária) e educação ambiental são soluções para manter e melhorar o funcionamento e a oferta de bens e serviços ecossistêmicos. Tal investimento em infraestrutura verde pode ser justificado pelos benefícios socioeconômicos que podem ser alcançados através do impacto positivo sobre a saúde humana (por exemplo, TZOULAS et al., 2007) ou redução de desastres (por exemplo, DHYANI et al., 2018).

O pagamento por serviços ambientais (PSA) deve ser considerado como uma opção de investimento (por exemplo, BALVANERA et al., 2012) e que poderia beneficiar a MBHRP. A Lei 10.165 (de 25 de novembro de 2013) estabeleceu a Política para PSA no Estado da Paraíba

(Brasil), mas nenhum esquema foi implementado dentro da MBHRP até o momento; provavelmente devido a restrições financeiras, falta de consciência pública e política e/ou capacidade técnica. É importante enfatizar que a tomada de decisão, particularmente aquelas voltadas para bens e serviços ecossistêmicos específicos e envolvendo PSA, deve ser baseada em dados validados para as condições locais (NELSON et al., 2009). A implementação do planejamento espacial baseado em ecossistemas (por exemplo, BRUSSARD; REED; TRACY, 1998) através da Avaliação Ambiental Estratégica (por exemplo, ROZAS-VÁSQUEZ et al., 2018) poderia ajudar a identificar áreas estratégicas onde o PSA e outros mecanismos poderiam ajudar a reduzir a perda de bens e serviços ecossistêmicos associados à urbanização (e.g. DHYANI et al., 2018).

Há interesse crescente em incorporar a gestão baseada em ecossistemas no planejamento espacial (por exemplo, BALVANERA et al., 2012; ROZAS-VÁSQUEZ et al., 2017). Entretanto, a incorporação da temática de bens e serviços ecossistêmicos nas decisões de planejamento espacial ainda é limitada pela falta de diretrizes claras, má compreensão de mecanismos de governança adequados (por exemplo, Avaliação Ambiental Estratégica) e a necessidade de apoio metodológico (MASCARENHAS et al., 2015; ROZAS-VÁSQUEZ et al., 2017). No entanto, essas limitações podem ser superadas quando profissionais e acadêmicos trabalham juntos para desenvolver métodos que sejam robustos, mas simples o suficiente para aplicações práticas. Por exemplo, a Secretaria de Meio Ambiente e Urbanismo (SEMURB) da cidade de Natal (capital do estado do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil) identificou potencial para melhorar a provisão de bens e serviços ecossistêmicos para apoiar a criação de um corredor de áreas verdes urbanas conectando duas áreas de conservação importantes da região (SEMURB, 2017). O engajamento ativo de profissionais da SEMURB com pesquisadores (da Bournemouth University e da Universidade Federal do Rio Grande do Norte) ao longo do projeto Avaliação de Serviços Ambientais Aplicados a Áreas Costeiras (CAPES/ PVE 88881.068064/ 2014-01) foi fundamental para o desenvolvimento e implementação de métodos.

As implicações dos achados desta pesquisa para a gestão baseada em ecossistema de microbacia hidrográfica predominantemente urbanizada envolve: gerenciamento de potenciais conflitos entre as partes interessada; inclusão do mapeamento de bens e de serviços ecossistêmicos nas práticas de planejamento espacial urbano; e manutenção e criação de ambientes que ofertam múltiplos bens e serviços ecossistêmicos.

a) Gerenciamento de potenciais conflitos entre as partes interessadas: percepção e valoração distinta do nível de importância de bens e de serviços ecossistêmicos entre as partes interessadas é indício de potenciais conflitos, os quais podem ser minimizados com a incorporação de diversas partes interessadas e afetadas pelas ações públicas no processo de identificação e de mapeamento de bens e serviços ecossistêmicos na fase de planejamento espacial urbano, bem como na etapa de tomada de decisão (CORTINOVIS; GENELETTI, 2018). Ampliar o conhecimento (formal e informal) dos atores sociais acerca de os elementos (bióticos e abióticos) e interações inerentes a paisagem local pode ser necessária para detectar o conjunto de benefícios ofertados pela natureza para o bem-estar do ser humano, como também foi corroborado por Martín-López et al. (2012). As crenças, percepções, experiências, conhecimentos das partes interessadas são complementares e permitem entender melhor os fatores socioculturais e ecológicos determinantes para a distribuição espacial da demanda e oferta de bens e serviços ecossistêmicos; e melhor gerenciamento de múltiplos bens e serviços ecossistêmicos a partir do planejamento estratégico (TËNGO et al., 2014; ROZAS-VÁSQUEZ et al., 2017).

b) Inclusão de mapeamento de bens e de serviços ecossistêmicos nas práticas de planejamento espacial urbano: o envolvimento de partes interessadas locais, através do mapeamento participativo, com diferentes níveis de influência no processo de tomada de decisão é um processo complexo e iterativo (TËNGO et al., 2014), que evita que a percepção da comunidade e grupos sociais de baixa influência sejam ignoradas no processo de tomada de decisão de planejamento espacial e na gestão de recursos naturais (MAGUIRE; POTTS; FLETCHER, 2012; YOUNG et al., 2013). Ademais, métodos de mapeamento de bens e serviços ecossistêmicos permite a troca de saberes entre os grupos de interesse (FAGERHOLM et al., 2012) e a criação de visão coletiva para o planejamento da paisagem (SWETNAM et al., 2011; CORTINOVIS; GENELETTI, 2018). Desta forma, o mapeamento participativo descreve e reflete a percepção espacial das partes interessadas sobre os bens e serviços do ecossistema, permitindo analisar a provisão de múltiplos benefícios provenientes do sistema ecológico em diferentes cenários de planejamento paisagístico (KREMER et al., 2016).

c) Ambientes de múltiplos bens e serviços ecossistêmicos: focar o planejamento espacial e a gestão urbana na restauração e na conservação de ambientes que ofertam maior número de bens e

serviços ecossistêmicos com elevado nível de importância para as partes interessadas garante que os benefícios ecossistêmicos estejam disponíveis aos beneficiários e minimiza os impactos negativos que afetam, por exemplo, a manutenção do fluxo hidrológico de microbacia hidrográfica e reduz os efeitos da mudança microclimática (exemplo: melhora o conforto térmico) causados pelo processo de expansão urbana no ecótono Agreste.

6- CONCLUSÃO

A urbanização promoveu redução da cobertura vegetal, principalmente de estratificação arbórea, ocasionando perda generalizada de 18 dos 19 bens e serviços ecossistêmicos analisados entre 1989 e 2014 na MBHRP. Verificou-se que, ao considerar a pressão antrópica existente sobre os recursos hídricos e a tendência regional para a desertificação, a urbanização aumentou a vulnerabilidade do ecótono a mudanças climáticas através da perda de bens e serviços ecossistêmicos chaves (por exemplo, controle biológico do fluxo de água e da regulação do clima). A combinação dos impactos resultantes da urbanização e as mudanças climáticas pode mudar os limites territoriais do ecótono, favorecendo a Caatinga semiárida e elevando a pressão sobre a Mata Atlântica úmida. Os impactos da degradação ambiental atual e das mudanças climáticas previstas no ecótono do agreste exigem que os gestores considerem a implementação do planejamento espacial baseado em ecossistemas (por exemplo, por meio da Avaliação Ambiental Estratégica) para evitar mais perdas de bens e serviços ecossistêmicos. Compreender melhor as mudanças no uso e ocupação da terra que influenciam a disponibilidade e qualidade da água através de avaliações locais de bens e serviços ecossistêmicos relacionados (por exemplo, fornecimento de água e regulação do fluxo de água) é útil para orientar ações políticas e de tomada de decisão.

O mapeamento participativo, conforme o procedimento metodológico do projeto VALSA (ESTEVEES, 2014), de bens e serviços ecossistêmicos disponibilizados por uma microbacia hidrográfica predominantemente urbanizada foi útil para verificar potenciais conflitos entre partes interessadas e para registrar os locais considerados importantes para a gestão e gerenciamento ambiental, por exemplo: áreas que ofertaram maior número de bens e serviços ecossistêmicos e que beneficiaram, direta ou indiretamente, maior número de pessoas; e ambientes que ofertaram benefícios ecossistêmicos muito importantes para grupos sociais vulneráveis socioeconomicamente.

A distinta experiência dos participantes de grupos de interesse na MBHRP (comunidade, técnico e especialista) com o ambiente, resultante de suas necessidades (conforto e satisfação individual), de suas atividades socioeconômicas diárias e de seu conhecimento formal ou informal acerca de os elementos bióticos e abióticos do ambiente e suas interações, foi decisivo para a diferença significativa da percepção entre as partes interessadas na área de estudo.

Observou-se que os grupos de interesse reconhecem de forma distinta os tipos e o número de classes de bens e serviços ecossistêmicos, bem como a forma de identificar os locais (específica ou genérica) que disponibilizaram benefícios para a sociedade, de modo que há potencial conflito de interesse entre estes grupos quanto a gestão e o gerenciamento de bens e serviços ecossistêmicos. Ademais, verificou-se que é necessário envolver maior número possível de atores sociais, de alta e de baixa influência na gestão ambiental, na identificação de locais que fornecem benefícios ecossistêmicos, no processo de planejamento espacial urbano e na tomada de decisão. No entanto, há consenso entre as partes interessadas que o serviço de regulação manutenção do ciclo hidrológico e fluxo de água apresentou nível de importância muito alto, sendo um serviço prioritário para conservação, uma vez que é fundamental para a manutenção da vida e para o bem-estar de populações humanas viventes em áreas com pouca oferta de água; como semiárido do Nordeste brasileiro. Além disso, constatou-se que de acordo com a percepção das partes interessadas, os ambientes de transição entre sistemas ecológicos de água doce e terrestre; e espaços verdes ofertaram maior número de classes de bens e serviços do ecossistema e apresentaram maior valor social. Portanto, o investimento público ou privado deve priorizar a infraestrutura verde urbana, a restauração do habitat natural e o Pagamento por Serviços Ambientais propensos a promover a recuperação dos principais bens e serviços ecossistêmicos identificados como relevantes por grupos de interesse locais ou que foram perdidos ou ameaçados pela mudança do uso e ocupação da terra impulsionados pela expansão urbana.

7- REFERÊNCIAS

ABSON, D. J.; TERMANSEN, M. Valuing ecosystem services in terms of ecological risks and returns. **Conservation Biology**, v. 25, n. 2, p. 250 - 258, 2011.

ABSON, D. J.; WEHRDEN, H. VON.; BAUMGÄRTNER, S.; FISCHER, J.; HANSPACH, J.; HÄRDTLE, W.; HEINRICHS, H.; KLEIN, A. M.; LANG, D. J. Ecosystem service as a boundary object for sustainability. **Ecological Economics**, v. 103, p. 29 - 37, 2014.

AESA - AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA. 2010. **GeoPortal**. Disponível em: <<http://geo.aesa.pb.gov.br/>>. Acesso em: 12 jul. 2015.

ALVARENGA, A. T.; PHILIPPI JR., A.; SOMMERMAN, A.; ALVAREZ, A. M. S.; FERNANDES, V. **Histórico, fundamentos filosóficos e teórico-metodológicos da interdisciplinaridade**. In PHILIPPI JR., A.; SILVA NETO, A. J. Interdisciplinaridade em Ciência, Tecnologia & Inovação. Barueri - SP, Manole. p. 3 - 68, 2011.

ANDREW, M. E.; WULDER, M. A.; NELSON, T. A.; COOPS, N. C. Spatial data, analysis approaches, and information needs for spatial ecosystem service assessments: a review. **GIScience e Remote Sensing**, v. 52, p. 344 - 373, 2015.

BALNERA P.; URIARTE, M.; ALMEIDA-LEÑERO, L.; ALTESOR, A.; DECLERCK, F.; GARDNER, T.; HALL, J.; LARA, A.; LATERRA, P.; PEÑA-CLAROS, M.; MATOS, D. M. S.; VOGL, A. L.; ROMERO-DUQUE, L. P.; ARREOLA, L. F.; CARO-BORRERO, A. P.; GALLEGO, F.; JAIN, M.; LITTLE, C.; XAVIER, R. O.; PARUELO, J. M.; PEINADO, J. E.; POORTER, L.; ASCARRUNZ, N.; CORREA, F.; CUNHA-SANTINO, M. B.; HERNÁNDEZ-SÁNCHEZ, A.; VALLEJOS, M. Ecosystem services research in Latin America: the state of the art. **Ecosystem Services**, v. 2, p. 56 - 70, 2012.

BENNETT, E. M.; PETERSON, G. D.; GORDON, L. J. Understanding relationships among multiple ecosystem services. **Ecology Letters**, v. 12, p. 1 - 11, 2009.

BOEREMA, A.; REBELO, A. J.; BODI, M. B.; ESLER, K. J.; MEIRE, P. Are ecosystem services adequately quantified? **Journal of Applied Ecology**, v. 54, n. 2, p. 358 - 370, 2017.

BRASIL. Casa Civil. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 28 maio. 2012. Seção 1, p. 1 - 8.

BRUSSARD, P. F.; REED, J. M.; TRACY, C. R. Ecosystem management: what is it really? **Landscape and Urban Planning**, v. 40, p. 9 - 20, 1998.

BULLOCK, J. M.; JEFFERSON, R. G.; BLACKSTOCK, T. H.; PAKEMAN, R. J.; EMMETT, B. A.; PYWELL, R. J. **Semi-natural grasslands**. Cambridge: The UK National Ecosystem Assessment Technical Report, p. 161 - 195, 2011.

BUNSE, L.; RENDON, O.; LUQUE, S. What can deliberative approaches bring to the monetary valuation of ecosystem services? A literature review. **Ecosystem Services**, v. 14, p. 88 - 97, 2015.

BURKHARD, B.; FATH, B. D.; MÜLLER, F. Adapting the adaptive cycle: hypotheses on the development of ecosystem properties and services. **Ecological Modelling**, v. 222, p. 2878 - 2890, 2011.

CÂMARA, Epaminondas. **Os alicerces de Campina Grande**: esboço histórico-social do povoado e da vila (1697-1864). 3. ed. Campina Grande: Editora Caravela, 2006. 110p.

CELINO, I.; KOTOULAS, S. Smart Cities: guest editors' introduction. **IEEE Computer Society**, p. 8 - 11, 2013.

CHANDER, G.; MARKHAM, B. L.; HELDER, D. L. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. **Remote Sensing of Environment**, v. 113, p. 893 - 903, 2009.

CHEN, J.; THELLER, L.; GITAU, M. W.; ENGEL, B. A.; HARBOR, J. M. Urbanization impacts on surface runoff of the contiguous United States. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 187, p. 470 - 481, 2017.

CORTINOVIS, C.; GENELETTI, D. Ecosystem services in urban plans: what is there, and what is still needed for better decisions. **Land Use Policy**, v. 70, p. 298 - 312, 2018.

COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; GROOT, R.; FARBERK, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM, S.; O'NEILL, R. V.; PARUELO, J.; RASKIN, R. G.; SUTTONKK, P.; VAN DEN BELT, M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 387, p. 253 - 260, 1997.

COSTANZA, R.; GROOT, R.; SUTTON, P.; PLOEG, S. VAN DER.; ANDERSON, S. J.; KUBISZEWSKI, J.; FARBER, S.; TURNER, R. K. Changes in the global value of ecosystem services. **Global Environmental Change**, v. 26, p. 152 - 158, 2014.

COSTANZA, R.; DE GROOT, R.; BRAAT, L.; KUBISZEWSKI, I.; FIORAMONTI, L.; SUTTON, P.; FARBER, S.; GRASSO, M. Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go? **Ecosystem Services**, v. 28, p. 1 - 16, 2017.

CRESPIN, S. J.; SIMONETTI, J. A. Loss of ecosystem services and the decapitalization of nature in El Salvador. **Ecosystem Services**, v. 17, p. 5 - 13, 2016.

DAILY, G. C. Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems. Washington D.C: Island Press, 1997. 416p.

DASGUPTA, P.; DURAIAPPAH, A. **Well-being and Wealth**. In UNU-IHDP and UNEP, Inclusive Wealth Report. Measuring Progress Toward Sustainability. Cambridge: Cambridge University Press, p. 13 - 26, 2012.

DAVIDSON, M. C. On the relation between ecosystem service, intrinsic value, existence value and economic valuation. **Ecological Economics**, v. 95, p. 171 - 177, 2013.

DE GROOT, R. S.; BRANDER, L.; PLOEG, S. VAN DER.; COSTANZA, R.; BERNARD, F.; BRAAT, L.; CHRISTIE, M.; CROSSMAN, N.; GHERMANDI, A.; HEIN, L.; HUSSAIN, S.; KUMAR, P.; MC VITTIE, L.; PORTELA, R.; RODRIGUEZ, L.C.; BRINKM, P.; VAN BEUKERING, P. Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. **Ecosystem Services**, v. 1, p. 50 - 61, 2012.

DERISSEN S.; LATA CZ-LOHMANN, U. What are PES? A review of definitions and an extension. **Ecosystem Services**, v. 6, p. 12 - 15, 2013.

DHYANI, S.; LAHOTI, S.; KHARE, S.; PUJARI, P.; VERMA, P. Ecosystem based disaster risk reduction approaches (EbDRR) as a prerequisite for inclusive urban transformation of Nagpur City, India. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, p. 1 - 11, 2018.

DIXON, J. A.; SCURA, L. F.; CARPENTER, R. A.; SHERMAN, P. B. **Economic analysis of environmental impacts**. London: Earthscan Publications, 1997. 210 p.

EHRICH, P. R.; MOONEY, H. Extinction, substitution and ecosystem services. **Bioscience**, v. 33, n. 4, p. 248 - 254, 1983.

ELMQVIST, T.; FRAGKIAS, M.; GOODNESS, J.; GÜNERALP, B.; MARCOTULLIO, P. J.; MCDONALD, R. I.; PARNELL, S.; SCHEWENIUS, M.; SENDSTAD, M.; SETO, K. C.; WILKINSON, C. **Urbanisation, biodiversity and ecosystem services: challenges and opportunities**. Dordrecht: Springer, 2013. 775p.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3 ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.

ESTEVEES, Luciana Slomp. **Valoração de Serviços Ecosistêmicos aplicados à vulnerabilidade Costeira (VALSA)**. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, Programa Professor Visitante do Exterior. CAPES/PVE 88881.068064/2014-01, 2014. Trabalho não publicado.

ESTOQUE, R. C.; MURAYAMA, Y. Landscape pattern and ecosystem service value changes: Implications for environmental sustainability planning for the rapidly urbanizing summer capital of the Philippines. **Landscape and Urban Planning**, v. 116, p. 60 - 72, 2013.

ETCHEVARNE, C. A. A ocupação humana do Nordeste brasileiro antes da colonização portuguesa. **Revista USP**, São Paulo, n.44, p. 112-141, 2000.

EVANGELISTA, A. dos R. S. **O processo de ocupação do bioma caatinga e suas repercussões socioambientais na Sisalândia, Bahia**. 2010. 198 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2010.

FAGERHOLM, N.; KÄYHKÖ, N.; NDUMBARO, F.; KHAMIS, M. Community stakeholders' knowledge in landscape assessments - mapping indicators for landscape services. **Ecological Indicators**, v. 18, p. 421-433, 2012.

FERREIRA, L. M. R.; ESTEVES, L. S.; SOUZA, E. P.; SANTOS, C. A. C. Impacto of the urbanisation process in the availability of ecosystem services in a tropical ecotone área. **Ecosystems**, p. 1 - 17, 2018.

FRAGKIAS, M.; GÜNERALP, B.; SETO, K. C.; GOODNESS, J. A synthesis of global urbanisation projections. In ELMQVIST, T.; FRAGKIAS, M.; GOODNESS, J.; GÜNERALP, B.; MARCOTULLIO, P. J.; MCDONALD, R. I.; PARNELL, S.; SCHEWENIUS, M.; SENDSTAD, M.; SETO, K. C.; WILKINSON, C. (Eds.). **Urbanisation, biodiversity and ecosystem services: challenges and opportunities**. Dordrecht: Springer, 2013. p. 409-435.

GARCÍA-NIETO, A. P.; QUINTAS-SORIANO, C.; GARCÍA-LLORENTE, M.; PALOMO, I.; MONTES, C.; MARTÍN-LÓPEZ, B. Collaborative mapping of ecosystem services: The role of stakeholders' profiles. **Ecosystem Services**, v. 13, p. 141-152, 2015.

GREEN, T. L.; KRONENBERG, J.; ANDERSSON, E.; ELMQVIST, T.; GÓMEZ-BAGGETHUN, E. Insurance value of green infrastructure in and around cities. **Ecosystems**, v. 19, p. 1051 - 1063, 2016.

GROFFMAN, P. M.; CADENASSO, M. L.; CAVENDER-BARES, J.; CHILDERS, D. L.; GRIMM, N. B.; GROVE, J. M.; HOBBIE, S. E.; HUTYRA, L. R.; JENERETTE, G. D.; MCPHEARSON, T.; PATAKI, D. E.; PICKETT, S. T. A.; POUYAT, R. V.; ROSI-

MARSHALL, E.; RUDDELL, B. L. Moving towards a new urban systems science. **Ecosystems**, v. 20, p. 38 - 43, 2017.

GRUMBINE, R. E. What is ecosystem management? **Conservation Biology**, v. 8, p. 27 - 38, 1994.

GUEDES, F. G; SEEHUSEN, S. E. (Org.). **Pagamento por serviços ambientais na Mata Atlântica: lições aprendidas e desafios**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2011. 272 p.

GUERRY, A. D. Icarus and Daedalus: conceptual and tactical lessons for marine ecosystem-based management. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 3, n. 4, p. 202 - 211, 2005.

GUTIÉRREZ, A. P. A.; ENGLE, N. L.; DE NYS, E.; MOLEJON, C.; MARTINS, E. S. Drought preparedness in Brazil. **Weather and Climate Extremes**, v. 3, p. 95 - 106, 2014.

HAILS, R. S.; ORMEROD, S. J. Ecological science for ecosystem services and the stewardship of natural capital. **Journal of Applied Ecology**, v. 50, p. 807 - 811, 2013.

HAINES-YOUNG, R.; POTSCHIN, M. **Common International Classification of Ecosystem Services (CICES): Consultation on Version 4, August-December 2012**. Copenhagen: European Environment Agency, 2013. 34 p. Disponível em: www.cices.eu. Acesso em: 22 de julho de 2017.

HAINES-YOUNG, R.; POTSCHIN, M. B. **Common International Classification of Ecosystem Services (CICES): Consultation on Version 5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure**. 2018. 53p. Disponível em: www.cices.eu. Acesso em: 02 de janeiro de 2018.

HÄYHÄ, T.; FRANZESE, P. P.; PALETTO, A.; FATH, B. D. Assessing, valuing, and mapping ecosystem services in Alpine forests. **Ecosystem Services**, v. 14, p. 12 - 23, 2015.

HU, H.; LIU, W.; CAO, M. Impact of land use and land cover changes on ecosystem services in Menglun, Xishuangbanna, Southwest China. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 156, p. 146 - 147, 2008.

HÜMANN, M.; SCHÜLER, G.; MÜLLER, C.; SCHNEIDER, R.; JOHST, M.; CASPARI, T. Identification of runoff processes - The impact of different forest types and soil properties on runoff formation and floods. **Journal of Hydrology**, v. 409, p. 637 - 649, 2011.

INIESTA-ARANDIA, I.; GARCÍA-LLORENTE, M.; AGUILERA, P. A.; MONTES, C.; MARTÍN-LÓPEZ, B. Socio-cultural valuation of ecosystem services: uncovering the links

between values, drivers of change, and human well-being. **Ecological Economics**, v. 108, p. 36-48, 2014.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. 2015. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: out. 2016.

IQBAL, Muhammad. **An introduction to solar radiation**. Toronto: Academic Press Canada, 1983. 390p.

ISLAM, M.; DEB, G. P.; RAHMAN, M. Forest fragmentation reduced carbon storage in a moist tropical forest in Bangladesh: Implications for policy development. **Land Use Policy**, v. 65, p. 15 - 25, 2017.

JENSEN, John R. **Sensoriamento remoto: uma perspectiva em recursos naturais**. 7. ed., São José dos Campos: Parêntese, 2009. 598 p.

JIA, X.; FENG, X.; HOU, G.; LIU, Y.; WANG, X. The tradeoff and synergy between ecosystem services in the Grain - for - Green áreas in Northern Shaanxi, China. **Ecological Indicators**, v. 43, p. 103 - 113, 2014.

JOERIN, J.; RAJIB, S. Mapping climate and disaster resilience in cities. **Community**, v. 6, p. 47 - 61, 2011.

JOHNSON, N. Biodiversity in the balance: approaches to setting geographic conservation priorities. Biodiversity Support Program, World Wildlife Fund, Washington, D.C. 1995. 115p.

JOHNSTON, R. J.; ROLFE, J.; ROSENBERGER, R. S.; BROUWER, R. **Benefit transfer of environmental and resource values: a guide for researchs and practitioners**. Dordrecht: Springer, 2015. 574p.

KALLIS, G.; GÓMEZ-BAGGETHUN, E.; ZOGRAFOS, C. To value or not to value? That is not the question. **Ecological Economics**, v. 94 p. 97 - 105, 2013.

KALNAY, E.; CAI, M. Impact of urbanization and land-use change on climate. **Nature**, v. 423, p. 528 - 531, 2003.

KINDU, M.; SCHNEIDER, T.; TEKETAY, D.; KNOKE, T. Changes of ecosystem service values in response to land use/land cover dynamics in Munessa–Shashemene landscape of the Ethiopian highlands. **Science of the Total Environment**, v. 547, p. 137 - 147, 2016.

KOTTEK, M.; GRIESER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B.; RUBEL, F. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 15, p. 259 - 263, 2006.

KREMER, P.; HAMSTEAD, Z.; HAASE, D.; MCPHEARSON, T.; FRANTZESKAKI, N.; ANDERSSON, E. KABISCH, N.; LARONDELLE, N.; RALL, E. L.; VOIGT, A.; BARÓ, F.; BERTRAM, C.; GÓMEZ-BAGGETHUN, E.; HANSEN, R.; KACZOROWSKA, A.; KAIN, J.-H.; KRONENBERG, J.; LANGEMEYER, J.; PAULEIT, S.; REHDANZ, K.; SCHEWENIUS, M.; VAN HAM, C.; WURSTER, D.; ELMQVIST T. Key insights for the future of urban ecosystem services research. **Ecology and Society**, v. 21, n. 2, art. 29, 2016.

KREUTER, U. P.; HARRIS, H. G.; MATLOCK, M. D.; LACEY, R. E. Change in ecosystem service values in the San Antonio area, Texas. **Ecological Economics**, v. 39, p. 333 - 346, 2001.

LA NOTTE, A.; D'AMATOB, D.; MÄKINENC, H.; PARACCHINIA, M. L.; LIQUETEA, C.; EGOHD, B.; GENELETTIF, D.; CROSSMAN, M. D. Ecosystem services classification: a systems ecology perspective of the cascade framework. **Ecological Indicators**, v. 74, p. 392 - 402, 2017.

LAYZER, J. A. The purpose and politics of ecosystem-based management. In: WEINSTEIN M, TURNER R, editors. Sustainability science: the emerging paradigm and the urban environment. Springer, p. 177 - 197, 2012.

LESLIE, H. M.; MCLEOD, K. L. Confronting the challenges of implementing marine ecosystem-based management. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 5, n. 10, p. 540 - 548, 2007.

LI, R. Q.; DONG, M.; CUI, J. Y.; ZHANG, L. L.; CUI, Q. G.; HE, W. M. Quantification of the impact of land-use changes on ecosystem services: a case study in Pingbian County, China. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 128, p. 503 - 510, 2007.

LIMA, R. C. S. A.; BURITI, C. O.; BEZERRA, H. A.; PATRÍCIO, M. C. M. Abastecimento de água em Campina Grande (PB): um panorama histórico. In: RANGEL JUNIOR, A. G.; SOUSA, C. M. (Org.). **Campina Grande hoje e amanhã**. Campina Grande: EDUEPB, p.15 - 28, 2013.

LOC, H. H.; DIEP, N. T. H.; TUAN, V. T.; SHIMIZU, Y. An analytical approach in accounting for social values of ecosystem services in a Ramsar site: A case study in the Mekong Delta, Vietnam. **Ecological Indicators**, v. 89, p.118-129, 2018.

LONG, R. D; CHARLES, A.; STEPHENSON, R. L. Key principles of marine ecosystem-based management. **Marine Policy**, v. 57, p. 53 - 60, 2015.

LUEDERITZ, C.; BRINK, E.; GRALLA, F.; HERMELINGMEIER, V.; MEYER, M.; NIVEN, L.; PANZER, L.; PARTELOW, S.; RAU, A.; SASAKI, R.; ABSON, D. J.; LANG, D. L.; WAMSLER, C.; WEHRDEN, H. A review of urban ecosystem services: six key challenges for future research. **Ecosystem Services**, v. 14, p. 98 - 112, 2015.

MACEDO, M. J. H.; GUEDES, R. V. de S.; SOUSA, F. de A. S. Monitoramento e intensidade das secas e chuvas na cidade de Campina Grande/PB. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 8, n. 7, p. 105 - 117, 2011.

MAGUIRE, B.; POTTS, J.; FLETCHER, S. The role of stakeholders in the marine planning process - stakeholder analysis within the Solent, United Kingdom. **Marine Policy**, v. 36, p. 246-257, 2012.

MANSFIELD, Edwin. **Microeconomics**: theory and applications. 5 ed. W.W. New York: Norton and Company, 1985.

MARENGO, J. A.; TORRES, R. R.; ALVEZ, L. M. Drought in Northeast Brazil-past, present, and future. **Theoretical Applied Climatology**, v. 124, n. 3-4, p. 1189 - 1200, 2017.

MARTÍN-LÓPEZ, B.; INIESTA-ARANDIA, I.; GARCÍA-LLORENTE, M.; PALOMO, I.; CASADO-ARZUAGA, I.; GARCÍA DEL AMO, D.; GÓMEZ-BAGGETHUN, E.; OTEROS-ROZAS, E.; PALACIOS-AGUNDEZ, I.; WILLARTS, B.; GONZÁLEZ, J. A.; SANTOS-MARTÍN, F.; ONAINDIA, M.; LÓPEZ-SANTIAGO, C. A.; MONTES, C. Uncovering ecosystem services bundles through social preferences: experimental evidence from Spain. **PLoS One**, v. 7, e38970, 2012.

MARKHAM, B. L.; BARKER, J. L. Thematic mapper band pass solar exoatmospherical irradiances. **International Journal of Remote Sensing**, v. 8, n. 3, p. 517 - 523, 1987.

MASCARENHAS, A.; RAMOS, T. B.; HAASE, D.; SANTOS, R. Ecosystem services in spatial planning and strategic environmental assessment – a European and Portuguese profile. **Land Use Policy**, v. 48, p. 158 - 169, 2015.

MCDONOUGH, K., HUTCHINSON, S., MOORE, T., HUTCHINSON, J. M. S. Analysis of publication trends in ecosystem services research. **Ecosystem Services**, v. 25, p. 82 - 88, 2017.

MCLEOD, K. L.; LUBCHENCO, J.; PALUMBI, S. R.; ROSENBERG, A. A. Scientific consensus statement on marine ecosystem-based management. Prepared by scientists and policy experts to provide information about coasts and oceans to U.S. policy-makers, 2005. 21p.

MEA - MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and human well-being: biodiversity synthesis**. Washington, D. C.: World Resources Institute, 2005. 86p.

MENDOZA-GONZÁLEZ, G.; MARTÍNEZ, M. L.; LITHGOW, D.; PÉREZ-MAQUEO, O.; SIMONIN, P. Land use change and its effects on the value of ecosystem services along the coast of the Gulf of Mexico. **Ecological Economics**, v. 82, p. 23 - 32, 2012.

MITCHELL, R.; CARSON, R. **Using surveys to value public goods**: the contingent valuation method. Washington, D. C.: Resources for the future, 1989. 439 p.

MORO, M. F.; LUGHADHA, E. N.; ARAÚJO, F. S.; MARTINS, F. R. Phytogeographical Metaanalysis of the Semiarid Caatinga Domain in Brazil. **Botanical Review**, v. 82, p. 91 - 148, 2016.

NELSON, E.; MENDOZA, G.; REGETZ, J.; POLASKY, S.; TALLIS, H.; CAMERON, D.R.; CHAN, K.M.A.; DAILY, G.C.; GOLDSTEIN, J.; KAREIVA, P.M.; LONSDORF, E.; NAIDOO, R.; RICKETTS, T.H.; SHAW, M.R. Modeling multiple ecosystem services, biodiversity conservation, commodity production, and tradeoffs at landscape scales. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 7, n. 1, p. 4 - 11, 2009.

NEWBOLD, T.; HUDSON, L. N.; HILL, S. L. L.; CONTU, S.; LYSENKO, I.; SENIOR, R. A.; BOERGER, L.; BENNETT, D. J.; CHOIMES, A.; COLLEN, B.; DAY, J.; PALMA, A.; DIAZ, S.; ECHEVERRIA-LONDONO, S.; EDGAR, M. J.; FELDMAN, A.; GARON, M.; HARRISON, M. L. K.; ALHUSSEINI, T.; INGRAM, D. J.; ITESCU, Y.; KATTGE, J.; KEMP, V.; KIRKPATRICK, L.; KLEYER, M.; CORREIA, D. L. P.; MARTIN, C. D.; MEIRI, S.; NOVOSOLOV, M.; PAN, Y.; PHILLIPS, H. R. P.; PURVES, D. W.; ROBINSON, A.; SIMPSON, J.; TUCK, S. L.; WEIHER, E.; WHITE, H. J.; EWERS, R. M.; MACE, G. M.; SCHARLEMANN, J. P. W.; PURVIS, A. Global effects of land use on local terrestrial biodiversity. **Nature**, v. 520, p. 45 - 50, 2015.

OTEROS-ROZAS, E.; MARTÍN-LÓPEZ, B.; GONZÁLEZ, J. A.; PLIENINGER, T.; LÓPEZ, C. A.; MONTES, C. Socio-cultural valuation of ecosystem services in a transhumance social-ecological network. **Regional Environmental Change**, v. 14, p. 1269 - 1289, 2014.

PASCUAL, U.; ROLDAN, M. **The economics of valuing ecosystem services and biodiversity**. In Kumar, P. (Ed.). The economics of ecosystem and biodiversity. Ecological and Economic Foundations, p. 1 - 133, 2010.

PEARCE, David William. **Economic values and the natural world**. London: Earthscan Publications Ltd., 1993. 129 p.

PHILIPPI JR, A.; MALHEIROS, T. F. **Saneamento e saúde pública**: integrando homem e ambiente. In Philippi Jr, A. (Ed.). Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável. Barueri: Manole, p. 3 - 31, 2005.

- PRICE, K.; ROBURN, A.; MACKINNON, A. Ecosystem-based management in the Great Bear Rainforest, **Forest Ecology and Management**, v. 258, p. 495 - 503, 2009.
- QAID, A.; LAMIT, H. B.; OSSEN, D. R.; SHAHMINAN, R. N. R. Urban heat island and thermal comfort conditions at micro-climate scale in a tropical planned city. **Energy and Buildings**, v. 133, p. 577 - 595, 2016.
- RICHARDSON, L.; LOOMIS, J.; KROEGER, T.; CASEY, F. The role of benefit transfer in ecosystem service valuation. **Ecological Economics**, v. 115, p. 51 - 58, 2015.
- ROBINSON, D.; JACKSON, B.; CLOTHIER, B.; DOMINATI, E.; MARCHANT, S.; COOPER, D.; BRISTOW, K. Advances in soil ecosystem services: concepts, models, and applications for earth system life support. **Vadose Zone Journal**, v. 12, n. 4, 2013. 13p.
- RODRIGUEZ, J. J.; BEARD, T. D. J.; BENNETT, E. M.; CUMMING, G. S.; CORK, S. J. Trade-offs across space, time, and ecosystem services. **Ecology and Society**, v. 11, 28, 2006.
- ROLFE, J.; WINDLE, J.; JOHNSTON, R. J. **Applying benefit transfer with limited data: unit value transfers in practice**. In JOHNSTON, R. J.; ROLFE, J.; ROSENBERGER, R. S.; BROUWER, R (Ed.). *Benefit transfer of environmental and resource values: a guide for researchers and practitioners*. Dordrecht: Springer, p. 141 - 162, 2015.
- ROSA, Tereza da Silva. **Os fundamentos do pensamento ecológico do desenvolvimento**. In VEIGA, José Eli da (Org.). *Economia socioambiental*. São Paulo: SENAC, p. 25 - 46, 2009.
- ROUSE, J. W.; HAAS, R. H., SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. *Proceedings, Third Earth Resources Technology Satellite*. In 1 Symposium, Greenbelt: NASA SP. **Simpósio**. p. 3010 - 3017, 1974.
- ROVA, S.; PASTRES, R.; ZUCCHETTA, M.; PRANOVI, F. Ecosystem services' mapping in data-poor coastal areas: Which are the monitoring priorities? **Ocean and Coastal Management**, v. 153, p. 168 - 175, 2018.
- ROZAS-VÁSQUEZ, D.; FÜRST, C.; GENELETTI, D.; MUÑOZ, F. Multi-actor involvement for integrating ecosystem services in strategic environmental assessment of spatial plans. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 62, p. 135 - 146, 2017.
- ROZAS-VÁSQUEZ, D.; FÜRST, C.; GENELETTI, D.; ALMENDRA, O. Integration of ecosystem services in strategic environmental assessment across spatial planning scales. **Land Use Policy**, v. 71, p. 303 - 310, 2018.

SCHNEIDER, A.; LOGAN, K. E.; KUCHARIK, C. J. Impacts of urbanisation on ecosystem goods and services in the U.S. Corn Belt. **Ecosystems**, v. 15, p. 519 - 541, 2012.

SEMURB - Secretaria de Meio Ambiente e Urbanismo da cidade de Natal. Projeto Trampolim Ecológico. Report from the Secretaria Adjunta de Informação, Planejamento Urbano e Gestão Ambiental, Setor de Áreas Verdes, Natal/RN: SEMURB (June 2017), 2017. 18p.

SETO, K. C.; GÜNERALP, B.; HUTYRA, L. R. Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. **PNAS**, v. 109, n. 40, p. 16083 - 16088, 2012.

SILVA, R.; LITHGOW, D.; ESTEVES, L. S.; MARTINEZ, M. L.; MORENO-CASASOLA, P.; MARTELL, R.; PEREIRA, P.; MENDOZA, E.; CAMPOS-CASCAREDO, A.; WINCKLER GREZ, P.; OSORIO, A. F.; OSORIO-CANO, J. D.; RIVILLAS, G. D. Coastal risk mitigation by green infrastructure in Latin America. **Maritime Engineering**, v. 170, p. 39 - 54, 2017.

SOLECKI, W.; SETO, K. C.; MARCOTULLIO, P. J. It's time for an urbanisation science. **Environment Science and Policy for Sustainable Development**, v. 55, p. 12 - 17, 2013.

SOUSA, V. G. **Microbacia hidrográfica como instrumento de educação ambiental na articulação pela revitalização do Riacho das Piabas (PB)**. 2014. 98 f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2014.

SPANGENBERG, J.; SETTELE, J. Precisely incorrect? Monetising the value of ecosystem services. **Ecological Complexity**, v. 7, p. 327 - 337, 2010.

STATSOFT, INC. Statistica data analysis software system, versão 7, 2007.

SWETNAM, R.D.; FISHER, B.; MBILINYI, B. P.; MUNISHI, P. K. T.; WILLCOCK, S.; RICKETTS, T.; MWAKALILA, S. Mapping socio-economic scenarios of land cover change: a GIS method to enable ecosystem service modelling. **Journal Environmental Management**, v. 92, p. 563-574, 2011.

TEEB- THE ECONOMICS OF ECOSYSTEMS AND BIODIVERSITY. **Mainstreaming the Economics of Nature: A Synthesis of the Approach, Conclusions and Recommendations of TEEB**. Earthscan, London and Washington, 2010. 36p.

TËNGO, M.; BRONDIZIO, E.S.; ELMQVIST, T.; MALMER, P.; SPIERENBURG, M. Connecting diverse knowledge systems for enhanced ecosystem governance: the multiple evidence base approach. **AMBIO**, v. 43, p. 579-591, 2014.

TIANHONG, L.; WENKAI, L.; ZHENGHAN, Q. Variations in ecosystem service value in response to land use changes in Shenzhen. **Ecological Economics**, v. 69, p. 1427 - 1435, 2010.

TOLESSA, T.; SENBETA, F.; KIDANE, M. The impact of land use/land cover change on ecosystem services in the central highlands of Ethiopia, **Ecosystem Services**, v. 23, p. 47- 54, 2017.

TOWNSEND, C.R.; BEGON, M.; HARPER, J.L. **Fundamentos em ecologia**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 592p.

TZOULAS, K.; KORPELA, K.; VENN, S.; YLI-PELKONEN, V.; KAŻMIERCZAK, A.; NIEMELA, J.; JAMES, P. 2007. Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure: A literature review. **Landscape and Urban Planning**, v. 81, n. 3, p. 167 - 178, 2007.

USGS - UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **Global Visualization Viewer**. 2014. Disponível em: <<http://glovis.usgs.gov/>>. Acesso em: 16 dez. 2014.

USGS - UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **Using the USGS Landsat 8 Product**. 2016. Disponível em: <<http://landsat.usgs.gov/using-usgs-landsat-8-product/>>. Acesso em: 12 nov. 2016.

VIEIRA, R. M. S. P.; TOMASELLA, J.; ALVALA, R. C. S.; SESTINI, M. F.; AFFONSO, A. G.; RODRIGUEZ, D. A.; BARBOSA, A. A.; CUNHA, A. P. M. A.; VALLES, G. F.; CREPANI, E.; DE OLIVEIRA, S. B. P.; DE SOUZA, M. S. B.; CALIL, P. M.; DE CARVALHO, M. A.; VALERIANO, D. M.; CAMPELLO, F. C. B.; SANTANA, M. O. Identifying areas susceptible to desertification in the Brazilian northeast. **Solid Earth**, v. 6: p. 347 - 360, 2015.

WASSON, K.; SUAREZ, B.; AKHAVAN, A.; MCCARTHY, M.; KILDOW, J.; JOHNSON, K. S.; FOUNTAIN, M. C.; WOOLFOLK, A.; SILBERSTEIN, M.; PENDLETON, L.; FELIZ, D. Lessons learned from an ecosystem-based management approach to restoration of a California estuary. **Marine Policy**, v. 58, p. 60 - 70, 2015.

WATERS, R.; ALLEN, R.; TASUMI, M.; TREZZA, R.; BASTIAANSEN, W. **SEBAL Surface Energy Balance for Land. Idaho implementation**: Advanced Training and User's Manual. Version 1.0, 2002. 97p.

WATSON, J. E. M.; IWAMURA, T.; BUTT, N. Mapping vulnerability and conservation adaptation strategies under climate change. **Nature Climate Change**, v. 3, p. 989-994, 2013.

WESTMAN, W. E. How much are nature's services Worth? **Science**, v. 197, p. 960 - 964, 1977.

WHITE, C.; HALPERN, B. S.; KAPPEL, C. V. Ecosystem service tradeoff analysis reveals the value of marine spatial planning for multiple ocean uses. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 109, p. 4696 - 4701, 2012.

WILLEMEN L.; DRAKOU, E. G.; DUNBAR, M. B.; MAYAUX, P.; EGOH, B. N. Safeguarding ecosystem services and livelihoods: understanding the impact of conservation strategies on benefit flows to society. **Ecosystem Services**, v. 4, p. 95 - 103, 2013.

WOLFF, S.; SCHULP, C. J. E.; VERBURG, P. H. Mapping ecosystem services demand: A review of current research and future perspectives. **Ecological Indicators**, v. 55, p. 159 - 171, 2015.

ZAR, Jerrold. H. **Biostatistical analysis**. London: Prentice-Hall, 1999. 663 p.

YI, H.; GÜNERALP, B.; FILIPPI, A. M.; KREUTER, U. P.; GÜNERALP, İ. Impacts of land change on ecosystem services in the San Antonio River Basin, Texas, from 1984 to 2010. **Ecological Economics**, v. 135, p. 125 - 135, 2017.

YOUNG, J. C.; JORDAN, A.; SEARLE, K. R.; BUTLER, A.; CHAPMAN, D. S.; SIMMONS, P.; WATT, A. D. Does stakeholder involvement really benefit biodiversity conservation? **Biological Conservation**, v. 158, p. 359-370, 2013.

APÊNDICE A- Modelo de tabela para que as partes interessadas identifiquem os bens e os serviços ecossistêmicos, o ambiente em que são encontrados e o seu nível de importância

Ambiente e bens e serviços ecossistêmicos	Código	Nível de importância					Outras informações
		Muito baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito alto	
Curso d'água							
<i>Pesca</i>	4			x			<i>Pesca esportiva</i>
<i>Água para os animais beberem</i>	17				x		
Mata ciliar							
Outros							

Fonte: Tabela adaptada do modelo desenvolvido pelo Projeto VALSA (ESTEVEES, 2014)

APÊNDICE B- Serviços ecossistêmicos e seus respectivos valores monetários estimados (US\$ 10³ ajustado ao Índice de Preços ao Consumidor, ano de referência, 2017) para 1989, 2007 e 2014 para cada categoria de uso e ocupação da terra da Microbacia Hidrográfica Riacho das Piabas (Paraíba, Brasil)

Serviços ecossistêmicos	Recurso hídrico			Gramínea/pastagem			Vegetação arbustiva			Vegetação arbórea		
	1989	2007	2014	1989	2007	2014	1989	2007	2014	1989	2007	2014
Serviços de provisão	10,06	50,19	44,80	802,30	757,09	829,19	158,99	163,05	90,56	3776,09	1099,81	404,14
1. Alimento	0,56	2,78	2,48	732,26	691,00	756,80	32,55	33,38	18,54	413,13	120,33	44,22
2. Água	9,50	47,41	42,32	36,86	34,78	38,10				55,77	16,24	5,97
3. Matéria-prima				32,56	30,73	33,65	106,41	109,13	60,61	173,51	50,54	18,57
4. Recursos genéticos										26,85	7,82	2,87
5. Recursos medicinais				0,62	0,58	0,64				3106,83	904,88	332,51
6. Recursos ornamentais							20,03	20,54	11,41			
Serviços de regulação	0,98	4,90	4,38	97,67	92,18	100,95	31,92	32,73	18,18	5224,18	1521,58	559,11
7. Regulação da qualidade do ar										24,78	7,22	2,65
8. Regulação climática				24,57	23,19	25,39	4,38	4,49	2,50	4222,32	1229,77	451,89
9. Moderação de distúrbios										136,34	39,71	14,59
10. Regulação do fluxo de água										706,48	205,76	75,61
11. Tratamento de resíduos	0,98	4,90	4,38	46,07	43,48	47,62				12,39	3,61	1,33
12. Prevenção de erosão				27,03	25,51	27,94	8,14	8,34	4,63	30,99	9,03	3,32
13. Ciclo de nutrientes										6,20	1,81	0,66
14. Polinização							19,40	19,90	11,05	61,97	18,05	6,63
15. Controle biológico										22,71	6,62	2,43
Serviços de suporte				745,77	703,76	770,77	798,68	819,13	454,92	80,56	23,47	8,63
16. Serviço de berçário							796,80	817,20	453,85	33,05	9,63	3,54
17. Diversidade genética				745,77	703,76	770,77	1,88	1,93	1,07	47,51	13,84	5,09
Serviços culturais	11,38	56,80	50,71	118,56	111,88	122,54	4,38	4,49	2,50	1790,98	521,63	191,68
18. Informação estética				102,59	96,81	106,03						
19. Recreação	11,38	56,80	50,71	15,97	15,07	16,51	4,38	4,49	2,50	1790,98	521,63	191,68
Total	22,42	111,89	99,89	1764,30	1664,91	1823,45	993,97	1019,40	566,16	10871,81	3166,49	1163,56

Fonte: Aplicação da pesquisa (2018)

APÊNDICE C- Resultado *post hoc*, teste de Tukey, para a associação entre o número de áreas mapeadas por seção de bens e de serviços ecossistêmicos e a categoria de parte interessada na Microbacia Hidrográfica Riacho das Piabas (Paraíba, Brasil)

	Seção	Parte interessada	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}
{1}	Provisão	Comunidade		0,9985	0,2685	0,1570	0,9837	0,0061	0,3239	0,9414	0,9991
{2}	Provisão	Técnico	0,9985		0,2314	0,8832	1,0000	0,0106	0,9781	0,8148	0,9709
{3}	Provisão	Especialista	0,2685	0,2314		0,0049	0,1533	0,8148	0,0093	0,9709	0,8148
{4}	Regulação	Comunidade	0,1570	0,8832	0,0049		0,9644	0,0002	0,9997	0,0736	0,2108
{5}	Regulação	Técnico	0,9837	1,0000	0,1533	0,9644		0,0063	0,9976	0,6823	0,9138
{6}	Regulação	Especialista	0,0061	0,0106	0,8148	0,0002	0,0063		0,0003	0,2314	0,0984
{7}	Cultural	Comunidade	0,3239	0,9781	0,0093	0,9997	0,9976	0,0003		0,1378	0,3602
{8}	Cultural	Técnico	0,9414	0,8148	0,9709	0,0736	0,6823	0,2314	0,1378		0,9999
{9}	Cultural	Especialista	0,9991	0,9709	0,8148	0,2108	0,9138	0,0984	0,3602	0,9999	

Erro entre MSQ= 17,377; g.l= 20.

Fonte: Aplicação da pesquisa (2018)

APÊNDICE D- Resultado *post hoc*, teste de Tukey, para a associação entre o número de classes de bens e de serviços ecossistêmicos mapeadas e a forma de identificação da área que oferta bem e serviço do ecossistema (FA) e categoria de parte interessada (PI) na Microbacia Hidrográfica Riacho das Piabas (Paraíba, Brasil)

	PI	FA	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
{1}	Comunidade	Genérica		1,0000	0,5385	1,0000	0,0009	0,9621
{2}	Comunidade	Específica	1,0000		0,5956	0,9998	0,0010	0,9398
{3}	Técnico	Genérica	0,5385	0,5956		0,6486	0,0610	0,3573
{4}	Técnico	Específica	1,0000	0,9998	0,6486		0,0038	0,9940
{5}	Especialista	Genérica	0,0009	0,0010	0,0610	0,0038		0,0015
{6}	Especialista	Específica	0,9621	0,9398	0,3573	0,9940	0,0015	

Erro entre MSQ= 108,40; g.l= 14.

Fonte: Aplicação da pesquisa (2018)

APÊNDICE E- Tipos de ambientes e seus respectivos números de áreas mapeadas por seção e classe de bens e serviços ecossistêmicos pelas partes interessadas (Comunidade - C; Técnico - T e Especialista - E) na Microbacia Hidrográfica Riacho das Piabas (Paraíba, Brasil)

Seção e classe de bens e de serviços ecossistêmicos	Áreas verdes			Mata ciliar			Curso de água			Nascentes			Reservatórios de água			Rural			Urbano		Toda a microbacia	
	C	T	E	C	T	E	C	T	E	C	T	E	C	T	E	C	E	T	E			
Provisão	15	5	8	6	2	8	8	4	5	11	4	5	8	4	6	6	2	7	23	3	1	
Agricultura																2	2	2				
Pecuária										1						4		2				
Caça e pesca		1					2		1	1			6	2	2							
Flora silvestre para nutrição	5		2	2		2																
Água de subsolo para nutrição										6	3	2										
Corpos d'água de superfície para nutrição							1	1	1			1	2	1	2							
Material genético para usos farmacêuticos, usos bioquímicos (fermentação) e bioengenharia	3	1	2	1		2	1															
Material para uso ornamental	2	1	1			1																
Material de plantas, algas e animais para uso na agricultura	1			1			3		1	1								2				
Material não-metálico			1			1																
Material de construção	2	1	1	1		1	1			1												
Água de subsolo para uso não nutricional humano					1					1		2										
Corpos d'água de superfície para uso não nutricional humano								3	2				1	2								
Energia de biomassa de animais, plantas ou algas	2	1	1	1	1	1																
Energia mecânica de animais																		1			1	
Espaço terrestres																			21	2		
Espaço aéreo																			2	1		

Fonte: Aplicação da pesquisa (2018)

Continuação do Apêndice E

Seção e classe de bens e de serviços ecossistêmicos	Áreas verdes			Mata ciliar			Curso de água			Nascentes			Reservatórios de água			Rural			Urbano		Toda a microbacia		
	C	T	E	C	T	E	C	T	E	C	T	E	C	T	E	C	T	E	C	E	T	E	
	10	2	19	11	6	21	2	4	4	4	2	1	1	5	9								
Regulação																							2
Mediação de resíduos, contaminações e outros problemas através da filtração, sequestro e acumulação	3			1			1	1		1			1	1									
Mediação de resíduos, contaminações e outros problemas através da diluição por ecossistemas atmosféricos, aquáticos e marinhos							2	1		1			2	1									
Mediação de resíduos, contaminações e outros problemas através da mediação de cheiros, ruídos e impactos visuais			2			2																	
Estabilização de taludes e controle de taxas de erosão				1	3	2																	
Manutenção do ciclo hidrológico e fluxos de águas				2			1			1			1										2
Proteção contra inundações				2	2	1																	
Mediação de fluxos através da proteção contra tempestades (de vento)			1			1																	
Mediação de fluxos através da ventilação e transpiração	3	2	2	3	1	2							1	1									
Manutenção das populações, habitats e berçário	3		1	2		1	2	1		3	1		1		2								
Polinização	1		2			2																	
Dispersão de sementes			2			2																	
Controle de doenças			1			1																	
Controle de pestes			1			1																	
Regulação climática global através da redução na concentração de gases de efeito estufa			1			1																	
Regulação climática local e regional			2			1									1								

Fonte: Aplicação da pesquisa (2018)

Continuação do Apêndice E

Seção e classe de bens e de serviços ecossistêmicos	Áreas verdes			Mata ciliar			Curso de água			Nascentes			Reservatórios de água			Rural			Urbano		Toda a microbacia	
	C	T	E	C	T	E	C	T	E	C	T	E	C	T	E	C	T	E	C	E	T	E
Formação e composição da terra e sedimento terrestre ou marinho através do intemperismo			2			2																
Formação e composição da terra através da decomposição e fixação			2			2									1							
Condições químicas da água doce (qualidade da água)									1						2							
Cultural	18	11	9	4	8	8	7	3	3	5	3		8	6	8	2					1	2
Experiências com espécies e paisagens	5	6	2	2	2	2	4	1	1	4	2		3	1	2	1						
Atividades físicas em ambientes naturais	8	3	2		1	2	2	1		1			4	2	2							
Estudo científico e atividades educacionais	2	1			1		1	1						1							1	2
Valor paisagístico			1												2							
Identidade e patrimônio cultural e histórico													1	2	2							
Existência			2			2			1													
Legado	3	1	2	2	4	2			1		1							1				
Total	43	18	36	21	16	37	17	11	12	20	9	6	17	15	23	6	4	7	23	3	1	5

Fonte: Aplicação da pesquisa (2018)

ANEXO A- Parecer de aprovação do comitê de ética para execução da pesquisa

HOSPITAL UNIVERSITÁRIO
ALCIDES CARNEIRO /
UNIVERSIDADE FEDERAL DE



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Perspectiva ecossocioeconômica de serviços ecossistêmicos da Microbacia Hidrográfica Riacho das Piabas, região metropolitana de Campina Grande, Paraíba, Brasil

Pesquisador: Lucianna Marques Rocha Ferreira

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 57361116.7.0000.5182

Instituição Proponente: Universidade Federal de Campina Grande

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.789.665

Apresentação do Projeto:

Pesquisa de doutoramento tendo como meta a análise da paisagem e serviços ecossistêmicos de uma Microbacia de Campina Grande

Objetivo da Pesquisa:

Os objetivos estão apresentados de forma adequada. O texto não expressa indícios de comprometimento ético

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os benefícios superam os possíveis riscos

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisa está apresentada de forma adequada e não expressa indícios de riscos que comprometam eticamente os sujeitos envolvidos.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos os documentos foram adequadamente apresentados

Recomendações:

Sem recomendações específicas

Endereço: Rua: Dr. Carlos Chagas, s/ n

Bairro: São José

CEP: 58.107-670

UF: PB

Município: CAMPINA GRANDE

Telefone: (83)2101-5545

Fax: (83)2101-5523

E-mail: cep@huac.ufcg.edu.br

HOSPITAL UNIVERSITÁRIO
ALCIDES CARNEIRO /
UNIVERSIDADE FEDERAL DE



Continuação do Parecer: 1.789.665

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Não se aplica

Considerações Finais a critério do CEP:

O Colegiado acatou o parecer APROVADO do relator em reunião realizada em 20 de outubro de 2016.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_698336.pdf	22/06/2016 10:29:22		Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_rosto.pdf	22/06/2016 10:25:50	Lucianna Marques Rocha Ferreira	Aceito
Cronograma	Cronograma.doc	21/06/2016 12:37:52	Lucianna Marques Rocha Ferreira	Aceito
Orçamento	Orcamento.doc	21/06/2016 12:36:33	Lucianna Marques Rocha Ferreira	Aceito
Outros	curriculo.doc	21/06/2016 12:32:19	Lucianna Marques Rocha Ferreira	Aceito
Outros	Termo_Anuencia_UFCG.jpg	21/06/2016 12:31:19	Lucianna Marques Rocha Ferreira	Aceito
Outros	Termo_Anuencia_UEPB.jpg	21/06/2016 12:22:16	Lucianna Marques Rocha Ferreira	Aceito
Outros	Termo_Anuencia_Sec_Agricultura.jpg	21/06/2016 12:20:56	Lucianna Marques Rocha Ferreira	Aceito
Outros	Termo_Anuencia_AESA.jpg	21/06/2016 12:20:17	Lucianna Marques Rocha Ferreira	Aceito
Outros	Termo_uso_de_imagem.doc	21/06/2016 12:13:30	Lucianna Marques Rocha Ferreira	Aceito
Outros	Instrumento_coleta_dados.doc	21/06/2016 12:12:35	Lucianna Marques Rocha Ferreira	Aceito
Outros	Mapa_mhrp.png	21/06/2016 12:09:07	Lucianna Marques Rocha Ferreira	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_tese_Ferreira.doc	21/06/2016 12:05:01	Lucianna Marques Rocha Ferreira	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Termo_Consentimento_2.docx	21/06/2016 12:03:33	Lucianna Marques Rocha Ferreira	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de	Termo_Consentimento_1.docx	21/06/2016 12:03:16	Lucianna Marques Rocha Ferreira	Aceito

Endereço: Rua: Dr. Carlos Chagas, s/ n

Bairro: São José

CEP: 58.107-670

UF: PB

Município: CAMPINA GRANDE

Telefone: (83)2101-5545

Fax: (83)2101-5523

E-mail: cep@huac.ufcg.edu.br

HOSPITAL UNIVERSITÁRIO
ALCIDES CARNEIRO /
UNIVERSIDADE FEDERAL DE



Continuação do Parecer: 1.789.665

Ausência	Termo_Consentimento_1.docx	21/06/2016 12:03:16	Lucianna Marques Rocha Ferreira	Aceito
Outros	Declaracao_divulgacao_resultados.jpg	13/04/2016 16:59:10	Lucianna Marques Rocha Ferreira	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Termo_compromisso_pesquisadores.jpg	13/04/2016 16:51:24	Lucianna Marques Rocha Ferreira	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

CAMPINA GRANDE, 24 de Outubro de 2016

Assinado por:
Januse Nogueira de Carvalho
(Coordenador)

Endereço: Rua: Dr. Carlos Chagas, s/ n

Bairro: São José

CEP: 58.107-670

UF: PB

Município: CAMPINA GRANDE

Telefone: (83)2101-5545

Fax: (83)2101-5523

E-mail: cep@huac.ufcg.edu.br