



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO – UFPE
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS – CTG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA CIVIL
TECNOLOGIA AMBIENTAL E RECURSOS HÍDRICOS

VALDEMAR CORREIA BARBOSA NETO

ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS E FITOSSOCIOLÓGICAS
DA MATA CILIAR NUM TRECHO DO RIO SIRINHAÉM (PE)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, área de concentração Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre, defendida no dia 29 de julho de 2016.

Orientador: Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral

RECIFE

2016

VALDEMAR CORREIA BARBOSA NETO

**ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS E FITOSSOCIOLÓGICAS
DA MATA CILIAR NUM TRECHO DO RIO SIRINHAÉM (PE)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, área de concentração Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre, defendida no dia 29 de julho de 2016.

Orientador: Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral

RECIFE

2016

Catálogo na fonte
Bibliotecária Valdicéa Alves, CRB-4 / 1260

B238a Barbosa Neto, Valdemar Correia.

Análise das características hidrológicas e fitossociológicas da mata ciliar num trecho do rio Sirinhaém (PE) / Valdemar Correia Barbosa Neto - 2016. 113folhas, Il., Tab. e Sigl.

Orientador: Prof. Dr. Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2016. Inclui Referências Anexos e Apêndices.

1. Engenharia Civil. 2. Hidrologia florestal. 3. Protocolos de monitoramento. 4. Floresta ripária. I. Cabral, Jaime Joaquim da Silva Pereira (Orientador). II. Título.

UFPE

624 CDD (22. ed.)

BCTG/2017-05



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

A comissão examinadora da Defesa de Dissertação de Mestrado

**“ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS E FITOSSOCIOLÓGICAS
DA MATA CILIAR NUM TRECHO DO RIO SIRINHAÉM – PE”**

defendida por

Valdemar Correia Barbosa Neto

Considera o candidato APROVADO

Recife, 29 de julho de 2016

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral – UFPE
(orientador)

Prof. Dr. Fernando Henrique de Lima Gadelha – UFPE
(examinador externo)

Prof. Dr.^a Sylvana Melo dos Santos – UFPE
(examinadora interna)

A minha esposa Atalys, e as minhas filhas Beline e Caroly, pela intensa saudade que senti de vocês neste momento tão marcante de nossas vidas.

Aos meus pais, Paulo e Mabel.

Aos meus irmãos, Ana e Yure,
finalmente a Deus a ele toda honra e toda glória.

Dedico

“Não se navega duas vezes em um mesmo rio”, Heráclito.

AGRADECIMENTOS

Ao glorioso Deus todo poderoso e conhecedor de todas as verdades e a seu amado filho, mestre Jesus Cristo.

A meus colegas de trabalho, os de ontem e os de hoje, pelos os incentivos e votos de apoio para consolidação deste trabalho, especialmente, na pessoa de Iran Vasconcelos e de Fernando Gadelha que intempestivamente sempre me ajudaram.

Ao setor florestal da CPRH na pessoa de Felipe Lyra Vanzo e Cinthia Renata pelos seis anos que passamos juntos e pelo o apoio incondicional.

A Usina Trapiche na pessoa do administrador Cauby e Téc. Agrícola Eduardo pela a confiança, por ter aberto as portas da Usina Trapiche não apenas para o fiscal ambiental, mas para o pesquisador.

Ao mateiro Manoel “Mordido” que de mordido não tem nada, um grande companheiro que muito me auxiliou nas campanhas de campo.

Ao meu irmão espírita, o imigrante piauiense Antônio Pacheco, que muito me incentivou a concluir esse mestrado, “que assim seja”.

Ao Prof. Dr. Jaime Cabral pela a inspiração na busca deste tema e o exemplo de educador com quem muito aprendi a aprender e também por acreditar em mim até o último instante.

Aos demais Professores do PPGEC, PRODEMA e PPGCF que contribuíram com conhecimentos ao longo dessa jornada de estudos.

Aos meus colegas de pós-graduação, especialmente, o Eduardo Cabral e o Felipe Alcântara que me auxiliaram bastante na compreensão das ferramentas hidrológicas. Também não se esquecendo do companheiro de CPRH e também mestrando deste programa o Zé Luís.

A minha nova casa, o IFPA por apoiar o fortalecimento educacional de seus servidores.

A todos meus amigos paraenses que me acolheram tão bem com bastante açaí e banho de igarapé.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO DAS BACIAS LITORÂNEAS DO ESTADO DE PERNAMBUCO	43
FIGURA 2 - BACIA DO RIO SIRINHAÉM.....	44
FIGURA 3 - VARIAÇÃO SAZONAL DA PRECIPITAÇÃO, SIRINHAÉM-PE	46
FIGURA 4 - DISPOSIÇÃO DAS UCS SOBRE O TRECHO ANALISADO DO RIO SIRINHAÉM.....	47
FIGURA 5 - INÍCIO DA RESTAURAÇÃO DA MATA CILIAR DO RIO SIRINHAÉM, ENGENHO PALMA NO ANO DE 2001	48
FIGURA 6 - ESTADO DA RESTAURAÇÃO DA MATA CILIAR DO RIO SIRINHAÉM, ENGENHO PALMA NO ANO DE 2009.....	49
FIGURA 7 - DISTRIBUIÇÃO DAS UNIDADES AMOSTRAIS AO LONGO DO TRECHO ANALISADO.....	52
FIGURA 8 - DISTRIBUIÇÃO DOS TRECHOS DE APLICAÇÃO DO PAR.....	57
FIGURA 9 - ESFORÇO AMOSTRAL DAS COLETAS FITOSSOCIOLÓGICAS.....	60
FIGURA 10 - DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DAS NATIVAS CONFORME O GRUPO ECOLÓGICO E EXÓTICAS.....	60
FIGURA 11 - DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DAS FAMÍLIAS BOTÂNICAS ENCONTRADAS NA ÁREA DO ESTUDO	61
FIGURA 12 - DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DO VOLUME DA BIOMASSA VEGETAL DAS PARCELAS.....	61
FIGURA 13 - DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA E DA ALTURA MÉDIA NAS PARCELAS ANALISADAS.....	62
FIGURA 14 - DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA E DA ALTURA MÉDIA DA CLASSE PARA P8.....	63
FIGURA 15 - DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA E DA ALTURA MÉDIA DA CLASSE PARA P12.....	63
FIGURA 16 - ABERTURA DA PARCELA (P1), CONFORME A METODOLOGIA DO PACTO (A) E SOLAPAMENTO EVENTUAL NA PARCELA 1, INÍCIO DO TRÂNSECTO 1 (B)	70
FIGURA 17 - DEPÓSITOS ALUVIAIS NAS MARGENS DO RIO NO T14 (A) E DEPÓSITOS NO LEITO DO RIO, ASSOREAMENTO NO T20 (B)	71
FIGURA 18 - ETA CAMBOINHA DA COMPESA NO T1 (A) E LOCAL DA CAPATAÇÃO D'ÁGUA NO T1 (B).....	72
FIGURA 19 - TRECHO DESCONTÍNUO DA MATA CILIAR NO T5 (A) E POPULAÇÃO DE MIMOSA BIMUCRONATA (ALAGADIÇO) NO T5 (B).....	72
FIGURA 20- FERTIRRIGAÇÃO DO PLANTIO COM VINHAÇA NA USINA TRAPICHE (A) E CANAL DE DRENAGEM DO PLANTIO NO T8 (B).....	73
FIGURA 21 - INGAZEIRAS NO T3 (A) E INGAZEIRAS NO T6 (B)	74
FIGURA 22 - AVEGETAÇÃO PALUDOSA, ANINGAS NO T10 (A) E SOLAPAMENTO DO TALUDE DESPROTÉGIDO NO T10 (B).....	74
FIGURA 23 - FRAGMENTO FLORESTAL NATURAL, NÃO REFLORESTADO NO T11 - PEDRA DO CÃO (A) E AFLORAMENTO ROCHOSO NO T11, MARGEANDO O RIO SIRINHAÉM (B).....	75
FIGURA 24 - DEPÓSITOS ALUVIAIS NO T16 (A) E DETALHE DO BANCO DE AREIA NO T16 (B).....	76
FIGURA 25 - ATIVIDADE DE EXTRAÇÃO DE AREIA NO T5 (A) E ATIVIDADE DE EXTRAÇÃO DE AREIA NO T10 (B).....	77

FIGURA 26 - BARRAMENTO DO RIO TAPIRUÇU PRÓXIMO A SEDE DA USINA TRAPICHE (A) E ENCONTRO DO RIO TAPIRUÇU COM O RIO SIRINHAÉM NO FINAL DO T17 (B)	77
FIGURA 27 - USINA TRAPICHE, LAGOA COM RESÍDUOS DA LAVAGEM DA CANA (A) E CANAL DE VINHAÇA NO T17 (B).....	78
FIGURA 28 - CANAL SEM REVESTIMENTO, MAS GANHA MANTA PRÓXIMO AS MARGENS, T18 (A) E LAGOA COM TORTA DE FILTRO NAS PROXIMIDADES DO T18 (B)	79
FIGURA 29 - MACRÓFITAS AQUÁTICAS, INDICADOR DO EXCESSO DE NUTRIENTES EM T2 (A) E MACRÓFITAS AQUÁTICAS, INDICADOR DO EXCESSO DE NUTRIENTES EM T20	79
FIGURA 30 - TRECHOS COM "CANAS CILIAR" NO T12 (A) E TRECHOS COM "CANAS CILIAR" NO T19 E T20 (B)	80
FIGURA 31 - MONTRICHARDIA LINIFERA (ANINGA) NO FURO DE BREVES - PA (A) E MONTRICHARDIA LINIFERA NO FURO DE BREVES - PA	84
FIGURA 32 - EROSÃO NA BAÍA DE PORTEL, ESTADO DO PARÁ (A) E EROSÃO NA BAÍA DE PORTEL - PA (B)	84

LISTA DE QUADROS E TABELAS

QUADRO 1 - PRINCIPAIS ÍNDICES E PROTOCOLOS UTILIZADOS NA AVALIAÇÃO DO ESTADO DAS ZONAS RIPÁRIAS.....	37
TABELA 1 - PLUVIOSIDADE NA MACRORREGIÃO DO ESTUDO NO INVERNO.....	45
TABELA 2 - PARÂMETROS FITOSSOCIOLÓGICOS ADOTADOS PARA AVALIAR A TRAJETÓRIA ECOLÓGICA	50
TABELA 3 - PROTOCOLO HIDROLÓGICO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA DE RIOS.....	55
TABELA 4 - RESULTADO DOS PRINCIPAIS PARÂMETROS FITOSSOCIOLÓGICOS OBTIDOS A PARTIR DA APLICAÇÃO DO PROTOCOLO DO PACTO.....	64
TABELA 5 - PRINCIPAIS RESULTADOS DAS ANÁLISES HIDROLÓGICAS DO PAR (MARGEM A).....	66
TABELA 6 - PRINCIPAIS RESULTADOS DAS ANÁLISES HIDROLÓGICAS DO PAR (MARGEM B).....	68

LISTA DE SIGLAS

APG - ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP
APA - ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL
APAC - AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA DO ESTADO DE PERNAMBUCO
APPCS - ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE CILIARES
BPGS - BOAS PRÁTICAS DE GESTÃO
CAB - CIRCUNFERÊNCIA A ALTURA DA BASE
CAP - CIRCUNFERÊNCIA À ALTURA DO PEITO
CAR - CADRASTRO AMBIENTAL RURAL
CPRH - AGÊNCIA ESTATUAL DE MEIO AMBIENTE
COMPESA - COMPANHIA PERNAMBUCANA DE SANEAMENTO DE PERNAMBUCO
DH - DIRETIVA HABITATS
DQA - DIRETIVA DO QUADRO DA ÁGUA
ETA - ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DA ÁGUA
PROMATA - PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DA ZONA DA MATA
PAR - PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA DE RIOS
PRA - PROGRAMA DE REGULARIZAÇÃO AMBIENTAL
RFV - RIPARIAN FOREST EVALUATION
RQI - RIPARIAN QUALITY INDEX
SMA - SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE DE SÃO PAULO
SIGS - SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS
TC - TERMO DE COMPROMISSO
UCS - UNIDADES DE CONSERVAÇÃO
UFRPE - UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

RESUMO:

ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS E FITOSSOCIOLÓGICAS DA MATA CILIAR NUM TRECHO DO RIO SIRINHAÉM (PE)

As matas ciliares que recobrem as margens dos rios, afluentes e subafluentes, desempenham importante papel para a manutenção do equilíbrio dos ecossistemas ripários. Na Zona da Mata do estado de Pernambuco esses ecossistemas vêm sendo substituídos desde as instalações dos primeiros engenhos de cana-de-açúcar. Após quase cinco séculos de degradação, no ano de 2001, deram-se início as primeiras iniciativas de restauração dessas zonas úmidas. Neste cenário foi realizada uma primeira tentativa para avaliar o estado de conservação de uma zona ripária, relacionando variáveis fitossociológicas e hidrológicas. Foram aplicados o Protocolo de Monitoramento do Pacto Pela Restauração da Mata Atlântica e o Protocolo de Avaliação Rápida de Rios (PAR) num trecho de 8 km do Rio Sirinhaém nas terras da Usina Sucoalcooleira - Trapiche S.A., Município de Sirinhaém – PE. A fitossociologia demonstrou que a mata ciliar do trecho analisado é constituída basicamente por indivíduos de *Inga edulis* Mart. apresentando dominância relativa de 62.98%. Ao todo foram encontradas 21 espécies nativas, indicando a baixa diversidade botânica e, de um total de 246 indivíduos nativos catalogados, cerca de 83% pertence ao grupo ecológico de preenchimento. Os dados do PAR apontaram que, ao longo de ambas as margens do trecho analisado foram encontrados 8 subtrechos impactados, 8 possivelmente alterados e, apenas 4 considerados naturais. O baixo desempenho em alguns subtrechos que foram avaliados negativamente, sendo reflexo da intensa atividade econômica presente no local, como a atividade canavieira e a mineração de areia. Ainda foi observado que *Inga edulis* Mart. *Montrichardia linifera* (Arruda) Schott e *Mimosa bimucronata* (DC.) Kuntze prestam importantes serviços ecossistêmicos à zona ripária. No demais, ambos os protocolos demonstraram ser importantes ferramentas na avaliação do estado de conservação de zonas ripárias.

Palavras Chaves: Hidrologia Florestal. Protocolos de Monitoramento. Floresta Ripária.

ABSTRACT

HYDROLOGIC AND PHYTOSOCIOLOGIC CHARACTERISTICS ANALYSIS OF A STRETCH RIPARIAN FOREST AT SIRINHAÉM RIVER (PE)

Riparian forests that cover the banks of rivers, tributaries and sub-tributaries, play an important role in maintaining the balance of riparian ecosystems. In the State of Pernambuco Forest Zone these ecosystems are being replaced from the premises of the first sugarcane mills. After almost five centuries of degradation, in 2001 were opened the first restoration initiatives of these wetlands. In this scenario, a first attempt was made to assess the conservation status of a riparian zone, relating phytosociological and hydrological variables. the Compact Monitoring Protocol For the Restoration of the Atlantic Forest and the Rapid Assessment Protocol Rivers (PAR) were applied in a stretch of 8 km from Rio Sirinhaém the lands of the Sugarcane Plant - Trapiche SA, Municipality of Sirinhaém - PE. Phytosociology showed that the riparian forest of the analyzed segment consists primarily of individuals of *Inga edulis* Mart. presenting relative dominance of 62.98%. Altogether found 21 native species, indicating the low and botanical diversity, a total of 246 cataloged native individuals, about 83% belongs to the ecological group fill. PAR data showed that, along both banks of the analyzed passage found 8 transect impacted, 8 and possibly changed, only 4 considered natural. The poor performance in some transects which were evaluated negatively was the reflection of the intense economic activity on site, such as sugar cane cultivation and mining of sand. Still it was observed that *Inga edulis* Mart., *Montrichardia linifera* (Arruda) Schott and *Mimosa bimucronata* (DC.) Kuntze provide important ecosystem services to the riparian zone. In others, both protocols were shown to be important tools in the evaluation of the conservation state riparian.

Key words: Forest Hydrology. monitoring protocols. riparian forest.

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES	IV
LISTA DE QUADROS E TABELAS	IV
LISTA DE SIGLAS.....	IVII
RESUMO.....	VIII
ABSTRACT.....	IX
1 INTRODUÇÃO	12
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO ESTUDO.....	12
1.2 OBJETIVO GERAL.....	17
1.3 OBJETIVO ESPECÍFICOS	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1 AS FLORESTAS RIPÁRIAS DA MATA ATLÂNTICA: HISTÓRICO DE PERTURBAÇÃO E INICIATIVAS DE RESTAURAÇÃO..	19
2.2 AS FLORESTAS RIPÁRIAS E OS PRINCIPAIS POLUENTES DAS INDÚSTRIAS SUCROENERGÉTICAS.	23
2.3 AS ZONAS RIPÁRIAS, MATAS CILIARES E OS ASPECTOS HIDROLÓGICOS	25
2.4 OS ÍNDICES E PROTOCOLOS PARA AVALIAÇÃO DAS ZONAS RIPÁRIAS	34
3 MATERIAL E MÉTODO	43
3.1 ÁREA DE ESTUDO	43
3.2 MÉTRICAS FITOSSOCIOLÓGICAS	49
3.3 MÉTRICAS HIDROLÓGICAS.....	54
4 RESULTADOS.....	59
4.1 ANÁLISES FITOSSOCIOLÓGICAS.....	59
4.2 ANÁLISES HIDROLÓGICAS	65
5 DISCUSSÃO	82
6 CONCLUSÕES.....	89
7 RECOMENDAÇÕES	91
REFERÊNCIAS.....	92
APÊNDICE 1 - DISPONIBILIDADE DE FÓSFORO TOTAL AO LONGO DO TRECHO ESTUDADO.....	102
APÊNDICE 2 - ESTADO DA DEMANDA BIOQUÍMICA POR OXIGÊNIO – DBO SOBRE A ÁREA DE ESTUDO	104
APÊNDICE 3 - ESTADO DO PH SOBRE A ÁREA DE ESTUDO	106
ANEXO 1 - DIAGRAMA DAS ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM DA REDE DE MONITORAMENTO DA BACIA DO RIO SIRINHAÉM.....	108
Anexo 2 - GRÁFICO DE QUALIDADE DA BACIA DO RIO SIRINHAÉM (2014).....	110

1 INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO ESTUDO:

Aqui desenvolvemos uma pesquisa no campo da hidrologia florestal que conforme os ensinamentos de Lima (2008) é o ramo da hidrologia cujo foco central é a água, mas a esfera operacional são as áreas florestadas. Assim, entre outros aspectos, tal ciência se compromete a investigar os efeitos da floresta sobre o ciclo da água, incluindo os efeitos sobre a erosão e a qualidade da água nas bacias hidrográficas. Desta maneira, pretende-se estudar as relações floresta-água no âmbito dos ecossistemas ripários.

Assim sendo, mesmo diante de tantas outras formas florestais terrestres que contribuem para a ciclagem hídrica, optou-se por averiguar o comportamento de uma floresta ribeirinha. Tal escolha deve-se a importância deste ambiente para a humanidade, pois considera-se um local de elevada homeostasia onde as águas dos rios dialogam com a terra, plantas e animais (inclusive o homem) proporcionando uma zona de equilíbrio ecológico dinâmico.

Para Rodrigues (2009), esta área onde acontecem incessantes interações entre as florestas e águas poderia ser definida como um ecótono ciliar que foi moldado pelas características geológicas, geomorfológicas, hidrográficas e hidrológicas, climáticas e outros fatores regionais e locais peculiares, podendo as características do solo e da vegetação serem consequências dessa complexa interação.

Mesmo assim, apesar de sua complexidade ambiental e importância para o equilíbrio ecológico, as regiões beiradeiras de rios e riachos sempre foram objeto de muitos conflitos ao longo da história das civilizações. Desde os primórdios da agricultura, quando o homem se fixou a terra e instalou as primeiras propriedades rurais e até a atualidade o uso destes espaços vem gerando diversas alterações ambientais, sobretudo, hidrológicas.

Souza et al. (2013) revelam que as atividades humanas mudaram severamente as paisagens nas zonas rurais, principalmente através da conversão de grandes áreas para plantio e pastagem. Outras modificações sofridas pelos corpos hídricos estão relacionadas ao represamento de água para fins de produção de

energia e/ou abastecimento público e as inúmeras obras de edificações que promovem a concretização do solo.

Nesse cenário, as matas ciliares não escaparam da destruição e foram alvo de todo tipo de degradação. Por exemplo, basta considerar que muitas cidades foram formadas às margens dos rios, eliminando todo tipo de vegetação ciliar, e muitas sofrem hoje com constantes inundações, poluição, doenças e modificação da paisagem, efeitos negativos desses atos depredatórios (FERREIRA; DIAS, 2004).

A partir deste modelo histórico de ocupação marginal, os rios vêm sofrendo interferências antrópicas ao longo de suas margens. Isso, a curto, médio e longo prazo vem provocando o deterioramento da qualidade e quantidade d'água, culminando com o aparecimento de respostas hidrológicas destruidoras. Muitas vezes, tais respostas são asseveradas pela vulnerabilidade social inerentes a algumas populações ribeirinhas desfavorecidas.

Portanto, os processos históricos de ocupação marginal dos rios têm provocado a retirada da vegetação protetora, aqui denominada de "mata ciliar". Logo, como alerta Lima e Zakia (2009), a destruição da mata ciliar pode diminuir a capacidade de armazenamento da microbacia e, conseqüentemente, a vazão na estação seca.

Além disso, é amplamente aceito pelos hidrólogos que a presença da mata ciliar pode contribuir com a redução da temperatura das correntes fluviais, conseqüentemente, o investimento na criação de zonas ribeirinhas arborizadas pode proporcionar benefícios em termos da mitigação de alguns dos efeitos ecológicos da mudança climática na temperatura da água (BOWLER et al., 2012).

Em suma, pode-se dizer que os ambientes ciliares encontram-se intensamente descaracterizados pelas interferências antrópicas, não permitindo assim que tal ecossistema cumpra suas funções ecológicas, hidrológicas e sociais.

Diante disso, em meio as incertezas sobre o futuro dessas zonas ripárias, surge a necessidade de proteção dessa vegetação marginal. Todavia, paradoxalmente no Brasil, desde 1934 essas áreas são protegidas pelo código florestal. Inicialmente por meio do decreto federal nº 23.793/34, alterado em 1965 pela lei federal nº 4.771/65 e, atualmente alterado mais uma vez pela lei federal nº 12.651 de 2012 (BRASIL, 2012). Infelizmente, mesmo com essa proteção jurídica de longas datas, tal legislação nunca foi cumprida na íntegra.

Noutra conjuntura otimista, acredita-se que esse quadro de omissão possa ser revertido mediante a simples execução de alguns novos instrumentos previstos na Lei nº 12.651 de 2012, por exemplo, a efetivação do Cadastro Ambiental Rural (CAR) e, sobretudo, com a implantação do Programa de Regularização Ambiental (PRA) almeja-se uma agenda vindoura para restauração desses ecossistemas ripários.

Todavia, cautelosamente deve-se levar em conta algumas prerrogativas nestes projetos de restauração florestal a fim de balisar o sucesso do restauro. Neste sentido é fundamental um grande embasamento teórico a luz da história de vida dessas vegetações protetoras de rios. Para tal, deverão ser contemplados alguns atributos, como a ecologia, a diversidade e regionalização das espécies, na intenção de adotar os modelos mais apropriados para reestabelecer as funções hidrológicas e ecológicas da área degradada.

Muitas vezes nas mais diversas partes do mundo é comum a intervenção de iniciativas de reflorestamento das margens dos rios em resposta a mudanças no uso da terra, especialmente em áreas onde usos agrícolas estão em declínio, dando espaço as agendas de restauração ecológica.

Na prática, projetos de restauração envolvendo reflorestamentos de corpos d'água fazem parte da história recente da restauração das zonas ripárias do Estado de Pernambuco onde certamente existem algumas centenas de projetos de reposição florestal em Áreas de Preservação Permanente Ciliares (APPCs), principalmente de rios, riachos e barragens.

Entretanto, a maioria desses projetos foram desencadeados por meio de obras que provocaram algum impacto ambiental no corpo hídrico, dessa forma, não surgiram voluntariamente mas sim, como condicionante ambiental para obtenção de alguma autorização de intervenção e/ou supressão da APPC ou ainda alguma necessidade de regularização ambiental, como a adequação da propriedade rural ao código florestal.

Nessa perspectiva, somente em 2002 através do Programa de Desenvolvimento Sustentável da Zona da Mata (PROMATA) surgiram as primeiras iniciativas de reflorestamento de barragens para abastecimento público no Estado de Pernambuco, por exemplo, o reflorestamento da APPC da Barragem de Sirigi na região da mata norte. Assim, essas ações de monitoramento ambiental, conservação e uso dos recursos naturais e educação ambiental visavam apoiar e incentivar a

recomposição dos remanescentes florestais da zona da mata pernambucana (CAMPANILI; SCHAFFER, 2010b).

Mais tarde, através da assinatura de um Termo de Compromisso (TC) no ano de 2007, a Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH), a Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e os empresários do setor sucroenergético pernambucano deram início a um programa de reflorestamento cuja meta era reflorestar um mínimo de 18,0 ha das APPCs dos principais rios da zona da mata pernambucana (CPRH, 2011).

Todavia, algumas usinas já tinham anteriormente por iniciativa própria se comprometido com o reflorestamento de parte de suas APPCs, dentre as quais vale destacar o esforço da usina Trapiche S/A no Município de Sirinhaém, Pernambuco.

No âmbito da CPRH, várias vistorias com o objetivo de avaliar o estado de reflorestamento dessas áreas úmidas foram realizadas nas usinas da Mata Norte e Sul do estado. Embora houvera bastante empenho por parte dos poucos agentes ambientais em monitorar essas áreas de plantio, infelizmente, nunca foi seguido nenhum protocolo de monitoramento de restauração das APPCs e somado a isso, a grande preocupação sempre foi o restabelecimento da vegetação sem um olhar mais holístico que abordasse também as questões hidrológicas.

Por tais motivos era preciso adequar o monitoramento ambiental das APPCs, ademais, urgia a necessidade de se elaborar ou adotar um protocolo de monitoramento das APPCs que permitisse a equipe técnica sistematizar as análises. Todavia, convém destacar que na CPRH durante a fase de aprovação dos projetos de reposição florestal são consideradas as premissas contidas no manual prático de restauro florestal intitulado de Guia Prático (ALVES - COSTA et al., 2008).

Posteriormente, após a aprovação e execução do projeto, o agente ambiental precisa dar um aval em relação ao cumprimento da reposição florestal destas áreas. Então, dependendo se está a contento do agente o proprietário rural ou empreendedor estará livre da obrigação da manutenção destes plantios quando completado um ciclo de 3 anos. Portanto, ao final de tal período, constatado o estabelecimento das mudas é atestado o cumprimento da referida obrigação.

Neste sentido, logo após completado o prazo legal para o monitoramento do cumprimento do TC (3 anos), entende-se que a responsabilidade pela conservação

do plantio fique a cargo do proprietário das terras. Não havendo, dessa maneira, qualquer monitoramento superior a esse período.

Diante do exposto, os projetos de reflorestamento implementados pelos empresários do setor sucroenergético no ano de 2007 são considerados uma das maiores ações de restauração florestal no âmbito do estado de Pernambuco. Ainda assim, após quase uma década do plantio essas iniciativas carecem de uma avaliação mais detalhada para permitir a contabilização dos erros e acertos, bem como, o estabelecimento de novas metas para a restauração.

Porém, há de convir que as atividades da ecologia de restauração visam recuperar uma determinada área degradada que por sua vez é o resultado do uso incorreto da paisagem, ou seja, tais projetos são na realidade apenas uma tentativa limitada de remediar um dano (RODRIGUES; GANDOLFI, 2009). Então, no final da restauração, almeja-se ao menos a recuperação da funcionalidade ecológica do local.

Neste sentido, Aguiar, Fernandes e Ferreira (2010) afirmam que os ecossistemas ripários são, reconhecidamente, os mais degradados do mundo, necessitando de um maior esforço em prol da restauração, em contrapartida, ainda são pouco restaurados e estudados. Por isso, pesquisas envolvendo restauração das funções das matas ciliares são relativamente recentes e ainda existem algumas lacunas na literatura.

Para Salemi et al. (2011), alguns desses questionamentos devem ser respondidos no decorrer do crescimento dessa área de estudo que, no Brasil, ainda é pouco desenvolvida. Outrossim, Magalhães e Pimentel (2012) pesquisaram em algumas bases de dados o número de publicações envolvendo o termo “Mata Ciliar”, de modo geral, demonstrou-se a carência de exploração desse tema, mas um crescente número de estudos sobre o tema vem sendo divulgado ultimamente.

Semelhantemente, González et al. (2015) revisaram o número de publicações mundiais envolvendo restauração de ambientes ripários e descobriram que houve um aumento progressivo desde o primeiro artigo em 1991, porém mais de metade dos quais foram publicados durante os últimos sete anos (2008 a 2015), indicando que o campo e suas normas estão em desenvolvimento. À vista disso, aqui fizemos uma primeira tentativa oficial para avaliar o estado de conservação dos reflorestamentos de APPCs relacionando variáveis hidrológicas e fitossociológicas para um trecho do Rio Sirinhaém, estado de Pernambuco.

1.2 OBJETIVO GERAL:

Analisar o estado de conservação da zona ripária de um trecho do Rio Sirinhaém.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Aplicar o Protocolo de Monitoramento do Pacto Pela Restauração da Mata Atlântica e o Protocolo de Avaliação Rápida de Rios (PAR);
2. Compreender o papel da cobertura florestal na manutenção do equilíbrio do ecossistema ripário;
3. Compreender a estrutura fitossociológica da vegetação ciliar do trecho analisado;
4. Identificar as principais alterações ambientais no trecho analisado e sugerir ações para restauração das funções ecológicas deste ambiente ripário.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 AS FLORESTAS RIPÁRIAS DA MATA ATLÂNTICA: HISTÓRICO DE PERTURBAÇÃO E INICIATIVAS DE RESTAURAÇÃO.

Os processos degradativos das zonas ripárias no Brasil remetem a longas datas. As pressões econômicas inerentes aos ciclos produtivos, desde a colonização do Brasil, vêm colocando em risco a integridade das zonas ripárias brasileiras por meio do comprometimento da quantidade e da qualidade dos recursos hídricos disponíveis.

Tais ciclos produtivos baseam-se no crescimento econômico contínuo, obtenção de lucro com a exploração do trabalho e da natureza, seguido de expansão territorial dos plantios e, conseqüentemente, mais destruição ambiental aliada as degradantes condições sociais de trabalho (CHOMSKY, 2013). Assim, esse modelo produtivo insustentável vem depreciando as matas ciliares brasileiras, como acontece por exemplo com a Mata Atlântica.

Segundo os dizeres de Campanili e Schaffer (2010b) com o passar do tempo esses ciclos econômicos degradaram a Mata Atlântica através da exploração do pau-brasil, a mineração do ouro e diamantes, a criação do gado, as plantações de cana-de-açúcar e café, a industrialização, a exportação de madeira e, mais recentemente, o plantio de soja e fumo, plantios florestais de espécies exóticas e outras commodities foram, passo-a-passo, desalojando o bioma.

Apesar disso, nestas paisagens antrópicas, parte da diversidade biológica nativa ainda resiste, habitando mosaicos compostos por fragmentos florestais, áreas de regeneração e plantios florestais, todos estes elementos imersos no mar de pastagens ou de culturas agrícolas que formam, atualmente, a matriz predominante das paisagens antrópicas tropicais (TABARELLI et al., 2012).

Todavia, estudos relatam que Impactos negativos oriundos do monocultivo em larga escala de cana de açúcar podem levar à destruição ou danificação de áreas de alta biodiversidade, o desmatamento, a degradação ou danificação dos solos através do uso de produtos químicos e descarbonização do solo, a contaminação dos recursos hídricos ou seu esgotamento (GOLDEMBERG; COELHO; GUARDABASSI, 2008).

Assim, via de regra, no meio rural a agricultura é o principal fator de degradação dos ecossistemas ciliares, geralmente associada com a expansão da fronteira agrícola ou com práticas agrícolas inadequadas: descarga de sedimentos e águas superficiais, fragmentação, fogo, extrativismo (RODRIGUES; GANDOLFI, 2009).

Mesmo assim, a Mata Atlântica é um bioma que abriga altas taxas demográficas. Conforme Metzger (2009), abriga cerca de 70% da população brasileira (perto de 120 milhões de pessoas), mas poucos sabem que ela é altamente diversificada e está permanentemente ameaçada.

Surpreendentemente, ainda é a floresta mais antiga e mais rica da América do Sul. Ela abrangia inicialmente um pouco mais de 1.450.000 km² do território brasileiro, o que representa 17 % da área total do país, esta situação proporciona única oportunidade para planejar e agir para a conservação da floresta (JOLY; METZGER; TABARELLI, 2014). De acordo com Tabarelli et al. (2005), estima-se que menos de 100.000 km² (cerca de 7%) correspondem as florestas remanescentes desse Bioma.

Outrossim, em Pernambuco, estado com tradição histórica no latifúndio sucroenergético, as pesquisas denunciam a degeneração do capital natural da Mata Atlântica (GALINDO - LEAL; CÂMARA, 2003). O bioma “cobria, originalmente, 18,16% do território do Estado e [...] restam apenas 5,55% de remanescentes (990,92 km²), incluindo os vários estágios de regeneração em todas as fisionomias” (MMA/Probio, 2006 apud CAMPANILI; SCHAFFER, 2010b, p.225). Outros estudos ainda falam em menos de 5% de sua floresta original (GALINDO - LEAL; CÂMARA, 2003).

Neste contingente, pode-se encontrar algumas fitofisionomias do bioma: as florestas estacional semidecidual, ombrófila densa e ombrófila aberta, além de manguezais e, raramente, restingas. Entretanto, desastrosamente, a cana-de-açúcar tomou o lugar de grande parte da Mata Atlântica em Pernambuco (CAMPANILI; SCHAFFER, 2010b, p.227).

Neste cenário é imprescindível incitar ações para mudar esse quadro nefasto. Estudos mostram que simplesmente a aplicação das leis ambientais atuais poderia ser muito eficaz no aumento da cobertura florestal e para melhorar as chances de conservação da floresta (TEIXEIRA et al., 2009).

O fomento de programas de restauração das matas ciliares poderiam a médio e longo prazos devolver a funcionalidade ecológica desses ecossistemas. Assim, poderia ser o carro-chefe dos projetos a recuperação dos serviços ambientais prestados pelas zonas ripárias. Sobre este assunto Campanili e Schaffer (2010b, p.21) aduzem:

[...] As matas ciliares protegem os rios, lagos e nascentes, cobrindo e protegendo o solo, deixando-o fofo e permitindo que funcione como uma esponja que absorve a água das chuvas. Com isso, além de regular o ciclo da água, evita as enxurradas. Com suas raízes, a mata ciliar evita também a erosão e retém partículas de solo e materiais diversos que, com a chuva, iriam acabar assoreando o leito dos rios.

Noutro estudo, Campanili e Schaffer (2010a, p.23) acrescentam que as matas ciliares:

[...] Auxiliam no regime hídrico permanente, age como uma poderosa esponja que retém a água da chuva e a libera aos poucos, ajudando a filtrá-la e a infiltrá-la no subsolo, alimentando o lençol freático. Com o desmatamento e a retirada da vegetação nativa, surgem problemas como a escassez de água, já enfrentada em muitas das cidades situadas na região da Mata Atlântica. Além disso, com a retirada da vegetação, a água da chuva chega cada vez mais rápida aos rios, provocando enchentes e deslizamentos de encostas na época chuvosa.

Balbinot et al. (2008, p.135) ainda fazem as seguintes considerações:

Os ecossistemas florestais constituídos por parte aérea (árvores) e parte terrestre (solos florestais), desempenham inúmeras funções: mitigação do clima (temperatura e umidade); diminuição do pico do hidrograma (redução de enchentes e recarga para os rios); controle de erosão; melhoramento da qualidade da água no solo e no rio; atenuação da poluição atmosférica; fornecimento do oxigênio (O²) e absorção do gás carbônico (CO₂), prevenção contra ação do vento e ruídos, recreação e educação; produção de biomassa e fornecimento de energia.

Por outro lado, as pesquisas apontam que a permeabilidade dos solos sob cana-de-açúcar, combinada aos solos rasos e mais compactos e o aumento da declividade do terreno favorecem o a diminuição da infiltração e, conseqüentemente, aumento do escoamento superficial da água da chuva (FERNANDES et al., 2013). Aliado a esses fatores, ainda existe outro agravante que está relacionado a baixa diversificação do uso econômico da propriedade rural (monocultivo de cana-de-açúcar), retrato da paisagem da zona da mata pernambucana.

De modo geral, no Brasil, estimam-se que 367 Milhões de hectares de floresta naturais estão em terras agrícolas privadas, sujeitas por um lado, a ineficaz proteção

legal e, por outro, é percebida como um entrave para o setor produtivo (SPAROVEK et al., 2012).

Isto posto, espera-se que as políticas conservacionistas, principalmente nas áreas agrícolas, primem pela restauração do sistemas fluviais e controle da poluição da água, os chamados pontos quentes de exportação, recompondo a Mata Atlântica nas zonas de tampão ao longo das margens dos cursos de água - APPCs, isso pode levar a uma redução significativa do aporte de nutrientes (GUNKEL et al., 2007).

Desta maneira para o sucesso da prática conservacionista é de suma importância compreender a relevância do produtor como a parte mais interessada na restauração, por exemplo, para Campanili e Schaffer (2010a) a qualidade e a quantidade de água pode ser o principal motivo para que um proprietário rural, seja ele, agricultor, fruticultor ou pecuarista, promova a adequação ambiental de seu imóvel. A manutenção da fertilidade do solo é igualmente importante para garantir a produtividade agropecuária a longo prazo.

Neste sentido, a restauração ecológica no Brasil se intensificou nas últimas décadas, passando por uma série de transformações conceituais e de paradigmas. No princípio, a restauração era conduzida para restabelecer serviços ecossistêmicos e a riqueza e a origem das espécies utilizadas não era questionada. Atualmente, plantios em alta diversidade e somente com o uso de espécies nativas são recomendados (ASSIS et al., 2013).

No Brasil, reconhecidamente, uma das maiores iniciativas de restauração ecológica de áreas degradadas é “o Pacto Pela Restauração da Mata Atlântica” lançado em 2009 e tem como objetivo restaurar 15 milhões hectares até 2050 (REZENDE et al., 2015). Tal iniciativa dobraria o total atual da cobertura vegetal remanescente do bioma.

No entanto, seis anos após seu início, apenas 58.000 hectares ou (0,03% da meta) estão sob a égide do Pacto, muito disso, devido ao limitado aporte de recursos para cobrir os custos de restauração (BANKS-LEITE et al., 2014 apud REZENDE et al, 2015). Segundo, Brancalion et al. (2012, apud REZENDE et al, 2015) o custo médio é de U\$ 5000,00 por hectare de Mata Atlântica a ser recuperado.

Nesta rubrica estão embutidas também atividades de monitoramento ambiental, as quais consistem em avaliar se as ações implantadas numa determinada área estão efetivamente promovendo a recuperação da vegetação natural ou

cobertura florestal (NBL; TNC, 2013). Todavia, rios, riachos e a paisagem adjacente, por exemplo, compreendem sistemas extremamente diversos, dos quais ainda precisamos conhecer muito sobre padrões e processos ecológicos (CASATTI, 2010).

Nesta conjuntura, algumas ações formais de fiscalização ambiental vêm sendo realizadas, por exemplo, no Estado de São Paulo a Secretária de Meio Ambiente (SMA) através do Programa de Adequação Ambiental de Áreas Agrícolas as usinas têm sido motivadas a implantar viveiros, com média de produção de 100 a 150 mil mudas de plantas nativas por ano (SMA, 2011).

Salienta-se ainda que, além do estabelecimento da faixa ciliar para conter a chegada de efluentes nos rios, urge também a necessidade de conhecer o sistema produtivo sucroenergético a fim de identificar os potenciais agentes contaminantes ambientais específicos dessa atividade agrícola. Desse modo, será possível diagnosticar e controlar previamente os principais agentes degradantes dos recursos hídricos.

2.2 AS FLORESTAS RIPÁRIAS E OS PRINCIPAIS POLUENTES DAS INDÚSTRIAS SUCROENERGÉTICAS:

A produção de álcool brasileira foi iniciada em grande escala em 1975, no Programa Nacional de Álcool (1975-1985). A partir daí muitos dos insumos químicos, fertilizantes e pesticidas utilizados para o cultivo de cana de açúcar, alguns produtos químicos de alta toxicidade e/ou elevado grau de permanência no ambiente foram omitidos pelas fábricas (BORRERO; PEREIRA; MIRANDA, 2003), expondo assim, o grau de vulnerabilidade dos recursos hídricos confinantes a esses estabelecimentos.

Nesta lógica, pode-se citar alguns dos principais impactos da indústria de açúcar e álcool como sendo: Resíduos Sólidos - as cinzas da queima o bagaço, a fuligem das caldeiras e as lamas provenientes do sistemas de tratamento; Efluentes Líquidos – água da lavagem da cana de açúcar antes de moagem, a água dos condensadores e da limpeza do equipamento, o licor exclusivamente a partir de moagem de caldo de cana (extremamente poluente, já que contém cerca de 5 % de material orgânico) e fertilizantes tais como potássio, fósforo e nitrogênio (BORRERO; PEREIRA; MIRANDA, 2003).

No Brasil mais da metade da cana é colhida para produzir bioetanol como combustível para veículos leves. Surpreendentemente as destilarias produzem aproximadamente 13L de resíduos de destilaria (vinhaça) por cada litro de etanol produzido (RESENDE et al., 2006). Outras informações relevantes são apresentadas por Gunkel et al. (2007, p.262), a seguir:

Os principais produtos finais da indústria sucroenergética são açúcar cristalino e bio-etanol. O último é obtido a partir da fermentação e da destilação de caldo de cana e melaço. Quantitativamente, o mais significativos subprodutos são: o bagaço (o resíduo sólido da extração do caldo de cana de açúcar) e a vinhaça (também vinhaça ou dunder) que é o efluente de resíduos líquidos a partir do processo de destilação. Usinas de açúcar com destilarias de álcool anexas geralmente lançam uma média de 156L de vinhaça e 250 kg de bagaço por 1.000 kg de cana para obter 12L de álcool e 94 kg de açúcar.

A vinhaça é uma matéria orgânica contida por ácidos orgânicos e por cátions de K, Ca e Mg. Ela apresenta uma alta demanda química de oxigênio, baixo PH e elevado conteúdo de sais minerais, por isso, representa um perigo potencial ao meio ambiente se não for corretamente tratada (FURTADO et al., 2009).

Segundo Gunkel et al. (2007), no nordeste do Brasil, a maior parte da carga da vinhaça é usada para adubação e irrigação das plantações de cana-de-açúcar, na maioria dos casos, sem qualquer tratamento de águas residuais subsequente. A vinhaça é meramente diluída com água de irrigação ou água de lavagem de cana de açúcar. Este uso de vinhaça é chamado de "fertirrigação", uma mistura das palavras "fertilização" e "irrigação". Gunkel et al. (2007, p.262) ainda fazem a seguinte menção a esse tipo de atividade:

Ainda hoje a fertirrigação tem sido praticada em Pernambuco desde 1981, quando uma lei estadual que proibiu a eliminação direta de efluentes da cana-de-açúcar em águas superficiais foi introduzida. A fertirrigação representa um perigo para a qualidade da água quando nutrientes e matéria orgânica chegam às águas através de caminhos difusos ou acidentalmente através de caminhos de armazenamento e transporte de vinhaça e nas instalações de lavagem de vinhaça e infiltração.

Portanto, esses poluentes podem ser transportados rapidamente aos cursos d'água, sobretudo, nas áreas desprovidas de vegetação arbórea. Estudos indicam que existe uma menor permeabilidade dos solos sob cana-de-açúcar, resultado combinado de áreas de solos mais compactadas e com maiores declives do terreno podem favorecer o escoamento superficial da água da chuva que atinge a superfície do solo e, conseqüentemente, pode contaminar os rios (FERNANDES et al., 2013).

Respectivamente, no nordeste, também existe o problema da queima da cana na época da colheita que destrói as espécies nativas regenerantes, prejudica a fauna, o solo e a qualidade do ar. Para Resende et al. (2006) as parcelas de cana não queimadas têm rendimentos mais elevados, ademais, ainda é destaque o fato do bioetanol proveniente da cana ser considerado um combustível renovável e de baixo impacto na perspectiva do sequestro de carbono.

Em síntese, os problemas ambientais relacionados com a produção e processamento de cana de açúcar implicam na adoção de normativas para a proteção das águas superficiais e subterrâneas, a conservação do solo e das florestas e, o controle das emissões atmosféricas. Após tais prerrogativas e mediante o estado vulnerabilidade que se encontram tais ecossistemas atualmente, há premência de compreendê-los no tocante a desvendar as interações entre os compartimentos ambientais (água, solo, vegetação e atmosfera).

2.3 AS ZONAS RIPÁRIAS, MATAS CILIARES E OS ASPECTOS HIDROLÓGICOS:

Na perspectiva de entender o funcionamento dos sistemas hidrológicos vários autores se debruçaram sobre o tema. Para Lima e Zakia (2009), em sua essência, uma bacia hidrográfica se comporta como um sistema geomorfológico aberto, que recebe matéria e energia através de agentes climáticos e perde através do deflúvio.

Neste sistema a vegetação desempenha importante papel na regulação do ciclo hidrológico, tão importante que tem um ramo próprio dentro da hidrologia para decifrar tais fenômenos, a hidrologia florestal. Assim, Maitre, Scott e Colvin (1999, p.139) citam que durante um evento de chuva a vegetação afeta a água subterrânea do seguinte modo:

Parte da chuva é evaporada, outra é encaminhada para o solo através do escoamento pelos troncos ou que goteja do dossel ou do tronco para a terra como parte interceptada. O escoamento do tronco é a água interceptada que flui para o chão através da superfície dos ramos e caule. A camada na superfície do solo tende a reter mais água do que solo nu e melhora as condições de infiltração no solo. As raízes fornecem canais para o fluxo preferencial de água através da zona insaturada para o lençol freático, particularmente em solos de baixa permeabilidade, aumentando assim a recarga. Concomitantemente, a extração de água do solo na zona insaturada pelas raízes das plantas, para alimentar a transpiração, diminui a quantidade de percolação d'água que atinge a zona saturada (recarga). Já a extração de água zona saturada (águas subterrâneas), como a alta evaporação do sistema que podem deprimir a superfície piezométrica.

Outro ramo da ciência hidrológica que tenta compreender as relações existentes entre as florestas e a água é chamado de hidrologia de microbacias voltado a entender, entre outros aspectos, esta interação na escala de microbacias hidrográficas (SALEMI et al., 2011).

Basicamente, a composição da vegetação determina a proporção de chuva que atinge o solo e também pode influenciar a infiltração, percolação e drenagem profunda e a capacidade de armazenamento do solo. Sendo que as interações entre a vegetação e as águas subterrâneas ocorre em dois estágios: a interceptação da precipitação até atingir o reservatório de água subterrânea e a extração de águas subterrâneas através de raízes profundas (MAITRE; SCOTT; COLVIN, 1999).

Ainda, conforme Maitre, Scott e Colvin (1999) as raízes das árvores, geralmente, aumentam a taxa de percolação através da criação de macroporos. Portanto, é evidente que as mudanças na vegetação alteram ambas as taxas de recarga e profundidades do lençol freático, principalmente, nas áreas de recarga dos aquíferos livres.

Quando a vegetação é anfíbia (terra e água) a saúde das comunidades é dependente dessas características hidrológicas. Além disso, Umetsu et al. (2011) também destacam que as diferentes cotas topográficas em que as espécies se encontram refletem o tempo de inundação a que suportam podem causar mudanças significativas nessas áreas e influenciar os processos de sucessão onde espécies de regiões secas invadirão áreas antes inundadas, alterando significativamente a composição natural da vegetação.

Embora a mata ciliar esteja interrelacionada com a zona ripária os conceitos para ambas são distintos. De modo geral temos que as matas ciliares, também reconhecidas como matas ripárias ou ribeirinhas, são as formações florestais que ocupam as margens de cursos de água (AB'SABER, 2009). Já as zonas ripárias são áreas de saturação hídrica, permanente ou temporária, cuja principal função é a proteção dos recursos hídricos (ATTANASIO et. al., 2012).

Portanto, a maior parte dessas áreas úmidas armazena, regula, e recarrega os estoques de águas superficiais, os lençóis freáticos e os aquíferos. Nas funções de reservatórios, as áreas úmidas regulam as vazões de água, atenuando enchentes a

jusante em épocas de cheias (EMERTON; BOS, 2004 apud WHATELY; HERCOWITZ, 2008).

Para Castro et al. (2012) na zona ripária ripária, as matas ciliares influenciam na qualidade da água, na regulação do regime hídrico, na estabilização de margens do rio, na redução do assoreamento da calha do rio e são influenciadas pelas inundações, pelo aporte de nutrientes e pelos ecossistemas aquáticos que elas margeiam.

Neste cenário, ganha força o conceito de Área Variável de Afluência AVA trazido por Zakia et al., (2006) e Lima (2003 apud ATTANASIO et al., 2006) que corresponde à zona com saturação hídrica da microbacia que tem característica dinâmica devido à expansão e contração, dependendo da quantidade e intensidade das precipitações a qual está sujeita. Nela prevalecem os processos de escoamento superficial de áreas saturadas durante a resposta hidrológica da microbacia a um evento de chuva. Em geral, encontram-se situadas ao longo dos cursos d'água e em suas cabeceiras, nas concavidades de terrenos para as quais convergem as linhas de fluxo e mesmo em porções de áreas saturadas encontradas em pontos elevados de encostas.

Para Bacellar (2005) a mata ciliar evita a erosão hídrica e os movimentos de massa rasos, em consequência, a floresta diminui a carga sedimentar nos rios e regula a temperatura de suas águas, causa a redução das vazões médias anuais e do fluxo de base em decorrência do aumento da evapotranspiração e, as árvores incorporam grande quantidade de matéria orgânica ao solo, que favorece a formação de micro e macroporosidade e, em consequência, a infiltração.

Outras funções hidrológicas das matas ciliares estão ligadas à sua influência sobre uma série de fatores importantes para a manutenção da microbacia, por exemplo, como aponta Barbosa (2009) o escoamento das águas da chuva, a dissipação de energia do escoamento superficial, o equilíbrio térmico das águas favorece a ictiofauna e a ciclagem de nutrientes através da decomposição da camada de serapilheira.

Ainda provêm numerosas funções ecossistêmicas: fixação e estoque de carbono, servem de corredores ecológicos para fauna e flora, promovem sombreamento e filtram produtos químicos lixiviados dos solos agrícolas (SALEMI et. al. 2012). Finalmente, outra função importante da mata ciliar está relacionada à

quebra e tombamento de galhos e troncos que aumentam a rugosidade do canal favorecendo a retenção de sedimentos, por obstruírem o fluxo d'água, criando zonas de turbulência e zonas de velocidade diminuída, possibilitando a criação de micro habitats favoráveis para organismos aquáticos (LIMA; ZAKIA, 2009).

Apesar de ser um fato um tanto controverso, é cientificamente comprovado que embora a infiltração seja maior sob florestas, a recarga dos aquíferos nas áreas com cobertura florestal normalmente é menor, pois a taxa de transpiração é muito mais significativa (BACELLAR, 2005). Contribuindo, conseqüentemente, com o retardo da vazão nos corpos d'águas em decorrência da diminuição do fluxo de base.

Respectivamente, também convém ressaltar que a erosão fluvial é um processo grandiosamente natural, segundo Ab'Saber (2009), os rios carregam os sedimentos erodidos das margens e os deposita nas planícies aluviais. Todavia, sabe-se que a vegetação ciliar, os processos geomórficos e fluviais, e as formas de relevo estão intimamente ligados (HUPP; OSTERKAMP, 1996). Portanto, decorrente de tais processos fluviomórficos, ao longo dos rios existem trechos característicos de erosão, assim como trechos característicos de deposição de sedimentos.

Hupp e Osterkamp (1996) esclarecem que ao longo dos córregos canalizados, a distribuição da vegetação é largamente controlada pela variação em processos geomorfológicos fluviais (ciclos de degradação e assoreamento). Para Broadmeadow e Nisbet (2004) o uso da terra pode exercer particularmente forte influência no ambiente de água doce, com ambas as práticas agrícolas e florestais com potencial para degradar a qualidade da água e habitats físicos dentro de córregos.

Com base nisso infere-se que, a primeira vista, os principais impactos provocados pela retirada da mata ciliar seriam a erosão dos solos adjacentes as margens e, conseqüentemente, o assoreamento dos rios. Portanto é imprescindível a conservação das matas ciliares, fundamentais para manutenção ecológica das relações fluvioribeirinhas.

Por outro lado, em relação às trocas gasosas com a atmosfera, Bacellar (2005) argumenta que as árvores de grande porte evapotranspiram mais intensamente que a vegetação herbáceo-arbustiva e boa parte das culturas agrícolas, devido principalmente ao sistema radicular mais profundo e melhor desenvolvido. Por tal razão, o perfil de solo tende a ser em média menos úmido sob florestas. Grande

parte da água precipitada retorna à atmosfera sob a forma de evapotranspiração. Todavia, essa é especialmente influenciada pelo clima e pelo tipo de vegetação.

Além de influenciar na evapotranspiração, a cobertura florestal do dossel, do sub-bosque e as folhas caídas no chão protegem o solo dos impactos da chuva que cai por entre as copas das árvores. Já as raízes ajudam a conter o solo e evitar deslizamentos de terra, o que, geralmente, contribui para minimizar o carreamento de sedimentos e lodos para os rios (EMERTON; BOS, 2004 apud WHATELY; HERCOWITZ, 2008).

Neste sentido, os solos das florestas são mais úmidos que a maioria dos outros tipos de solos e contêm mais nutrientes, possibilitando a filtragem de poluentes (EMERTON; BOS, 2004 apud WHATELY; HERCOWITZ, 2008). Além disso, sabe-se que, conforme o entendimento de Lima e Zakia (2009), lateralmente as condições de saturação do solo diminuem à medida que se distancia do canal, o que deve, também, influenciar a composição das espécies. Então, supostamente existe um gradiente fitofisiológico ao longo das margens vegetadas lateralmente aos corpos d'água.

Para tais cursos d'água, segundo Barbosa (2009), existe uma infinidade de termos empregados para relacioná-los a vegetação, como: floresta ribeirinha, ripária ou ripícola, justa fluvial, marginal, hidrófila, de borda ou beira-rio. Todavia, o nome mata ciliar vem de cílios, pois assim como os cílios protegem os olhos, a mata ciliar protege rios, lagos e nascentes, cobrindo e protegendo o solo, deixando-o fofo e permitindo que funcione como uma esponja que absorve a água das chuvas (CAMPANILI; SCHAFFER, 2010a).

Entretanto, hoje em dia ainda existe bastante confusão na literatura quanto ao uso adequado da nomenclatura para discriminar as florestas ciliares, Rodrigues (2009, p.94) faz uma excelente revisão a respeito:

Na região dos campos sulinos foram designadas de "mata de anteparo", no cerrado "floreτας de galeria", já o termo "florestas/matras ripárias tem sido mais usado na designação popular ou genérica das florestas ocorrentes ao longo de cursos d'água em regiões onde a vegetação de interflúvio também é florestal (floresta atlântica, floresta amazônica e floresta estacional). Finalmente o termo floresta/mata ciliar tem sido usado de forma muito diversa. Esse termo foi definido como "as estreitas faixas de florestas ocorrente na beirada dos diques marginais dos rios, em geral mais estreitas que a floresta de galeria ". Ainda na legislação brasileira o termo floresta/mata ciliar foi usado de forma extremamente genérica, designando qualquer formação florestal ocorrente na margem de cursos d'água, englobando assim as floretas de galeria, as de brejo, as ripárias.

Ainda quanto à nomenclatura para designar as “formações pioneiras”, Rodrigues (2009) ressalta que o termo “vegetação herbácea higrófila” (várzea) com influência fluvial permanente, poderia ser substituído por “formações paludosas”, por melhor descrever esses ambientes (floresta palustre, floresta de várzea e floresta de brejo).

Existem outras que são consideradas especialistas ciliares, denominadas Phreatophytes obrigatórias, são espécies adaptadas às flutuações dos lençóis freáticos e suas raízes normalmente permanecem em contato com as camadas saturadas no solo (MAITRE; SCOTT; COLVIN, 1999).

Sabe-se que a presença de algumas espécies hidrofílas proporciona uma deposição de sedimentos nos locais onde se desenvolvem, sendo que a sua retirada produz uma retirada dos sedimentos na margem do rio e um aumento de deposição dos sedimentos no leito do mesmo, intensificando o processo erosivo as margens do corpo hídrico (TEIXEIRA, SIQUEIRA; CATTANIO, 2014).

Já o termo comunidade vegetal ripária refere-se as espécies ciliares, morfofisiologicamente adaptadas a vida em solos sujeitos ao encharcamento, e adaptações fenológicas relativas à perpetuação da espécie como sincronia entre o regime hídrico sazonal e formação dos propágulos vegetativos com predominância de espécies com dispersão hidrocórica (NAIMIN MAININ; DÉCAMP, 1997 e RODRIGUES; SHEPHERD, 2009).

Tais comunidades também atuam impedindo a chegada de poluentes nos córregos contribuindo para a manutenção da qualidade da água dos rios. De modo geral os parâmetros físico-químicos podem ser bons indicadores das alterações da estrutura das zonas ripárias dos córregos (LIBÓRIO et al., 2009).

O mesmo pensamento é defendido por Bacellar (2005) ao alegar que a floresta ciliar pode sob certas circunstâncias auxiliar na contenção e eliminação de alguns elementos ou substâncias químicas, que de outra sorte atingiriam os rios, como o nitrato. Para se ter uma ideia, estima-se que a maior parte dos nutrientes liberados dos ecossistemas terrestres chega aos cursos d'água através de seu transporte em solução no escoamento subsuperficial (LIMA; ZAKIA, 2009).

A fim de evitar prováveis contaminações, geralmente, as agências florestais internacionais recomendam larguras entre 10 e 30 m de proteção, protegendo assim

as características físicas de um rio, enquanto que a manutenção da integridade ecológica requer larguras superiores (BROADMEADOW; NISBET, 2004).

Para Monteiro et al. (2013) a presença de faixas com mata ciliar ao longo dos rios exercem funções primordiais. Contudo, deveria haver uma variação na largura dessa faixa, para garantir o cumprimento dessas funções, em virtude das peculiaridades regionais envolvendo o clima, o solo e a geomorfologia. Ainda, sobre tais faixas protetivas Barling e Moore (1994, p.543) trazem a seguinte contribuição:

As faixas de proteção são mais eficazes quando o fluxo é superficial (não-submersos), lento, e entra na faixa tampão de modo uniforme ao longo do seu comprimento. O desempenho de aprisionamento de sedimentos diminui à medida que o tamanho de partícula do sedimento diminui. Os nutrientes são muitas vezes preferencialmente ligados ao sedimento fino. Como resultado, faixas de proteção são melhores filtros de sedimentos do que de nutrientes. A faixa de proteção deve ser apenas considerada como uma prática de conservação secundária após controlar a geração de poluentes na sua origem e, para ser eficaz, as faixas de proteção devem sempre ser cuidadosamente projetadas, instaladas e mantidas.

De modo geral, uma faixa tampão pode ser entendida, conforme afirmam Barling e Moore (1994), como uma faixa de vegetação que normalmente atua como um filtro para os sedimentos e respectivos nutrientes e poluentes anexos. Todavia, para Norris (1993), por conta da condutividade hidráulica e da capacidade de retenção do solo dessas zonas, os solos de baixa permeabilidade, por exemplo, precisariam de faixas de proteção mais vastas do que solos altamente permeáveis, para permitir a infiltração completa do escoamento superficial na área de tampão.

Por outro lado, alguns pesquisadores percebem que uma faixa tampão situada em zonas húmidas podem provocar atrasos na purificação das águas adjacentes a rios e córregos, enquanto outros, pensam nela como uma zona ribeirinha que influencia a estabilidade do talude e a dinâmica do canal controlando a estrutura e função das correntes fluviais (BARLING; MOORE, 1994).

Ainda, de acordo com o trabalho de Moster (2007) as zonas ripárias desempenham a função de tampão que contribui para o equilíbrio do ecótono. Soma-se ainda o controle dos escoamentos superficiais e subsuperficiais, geração do escoamento direto produzido pelas chuvas e corredor de fluxo gênico.

Apesar de aparentes contradições e confusão na literatura sobre o uso de zonas-tampão florestais, a sua eficácia para o controle da qualidade da água em uma

bacia hidrográfica parece depender dos seguintes fatores: atributos físicos de zonas-tampão, como largura, inclinação, tipo de solo e estrutura vegetativa, tipos de poluentes que zonas tampão são susceptíveis de encontrar, e proximidade geral de zonas tampão com fontes de poluição das águas superficiais (NORRIS, 1993).

Resta informar que a remoção é largamente influenciada pela largura do *buffer* e tipo de vegetação, por exemplo, numa experimentação (AGUIAR JR. et al., 2015), descobriram que uma largura de mata ciliar maior do que 36 m é recomendado para alcançar a eficiência de remoção de alguns compostos químicos.

Do ponto de vista do hidrodinâmico, existem fortes interações envolvendo a dinâmica do fluxo, a geomorfologia e a ecologia vegetal, assim condicionando o estabelecimento da vegetação marginal. Para Corenblit et al. (2007) esses fatores são considerados predominantemente quando se estuda o funcionamento dos sistemas fluviais, em que formações fluviais e processos hidrogeomórficos conduzem a evolução das comunidades de plantas ripícolas.

Para uma melhor compreensão dos sistemas fluviais, Corenblit et al. (2007, p.78) apresentam um novo conceito para as ciências fluviais, denominado de biogeomorfologia, exposto a seguir:

Ao invés de uma extensão da geomorfologia e ecologia, a biogeomorfologia deve ser vista como uma nova especialidade que está bem adaptada a análise de complexas relações entre acidentes geográficos, físicos e processos biológicos. Esta nova subdisciplina considera estruturas da paisagem tão estável ou estruturas emergentes biogeomorficamente variáveis em que os determinantes abióticos e bióticos estão intimamente ligados. Um maior desenvolvimento do quadro biogeomórfico para sistemas fluviais é essencial para a construção de uma linguagem comum entre ecologia e geomorfologia. A geomorfologia fluvial e ecologia da vegetação ciliar vislumbra no futuro entender melhor as relações não lineares entre as forças coesivas e destrutivas que a sucessão de controle e a dinâmica de rejuvenescimento dentro do corredor fluvial.

Neste sentido, Oliveira et al. (2014) entendem que as inundações e os incêndios também são considerados filtros ecológicos e podem moldar a estrutura das comunidades vegetais em zonas húmidas tropicais e savanas inundáveis, especialmente sobre a regeneração, as pesquisas indicam, de modo geral, que a mata ciliar é bastante resistente enquanto os padrões naturais de periodicidades de inundações e incêndios florestais são mantidos.

Outra situação de sinergismo é a relação de co-evolução entre a vegetação de encosta e a inclinação do relevo. Para desvendar esses fenômenos é preciso

compreender o papel do tempo, perturbações e retroalimentações que são estudados pela vegetação e geomorfologia em encostas (MARSTON, 2010).

Assim, a proteção vegetativa irá ajudar a controlar o processo de deslizamento de massa, mesmo nos barrancos mais altos dos rios. Para Holanda et al. (2005) existem forças de coesão muito baixas das partículas do solo do talude, por isso, urge a necessidade da estabilização dessas margens do rio. Esta tarefa pode ficar a cargo de algumas espécies vegetais adaptadas que podem suportar as ondas presentes no rio são indispensáveis para reduzir a erosão constante.

Quanto a erosão fluvial, Holanda et al. (2005) ainda destacam que as ondas ao baterem nas margens de rios desprotegidos expõem os sistemas de raízes e plantas, eventualmente resultará no tombamento das mesmas para dentro do leito.

Ainda, os estudos de Pollen-Bankhead e Simon (2010) apontam que o efeito do reforço mecânico da raiz sobre a estabilidade do solo pode ser considerável, e pode ser quantificado com sucesso e incluídos em modelos de estabilidade de correntes fluviais no talude. As redes de raízes contidas dentro de uma matriz do solo, no entanto, também têm efeitos sobre os processos hídricos e hidráulicos sob as correntes fluviais de taludes, e embora estes efeitos são muitas vezes discutidos eles têm sido geralmente difíceis de serem quantificados

Portanto, a ciências fluviais procuram compreender os ecossistemas ripários de modo a facilitar a gestão dessas áreas úmidas. Porém é preciso ter cautela com a extrapolação dos dados analisados, por exemplo, Montgomery e MacDonald (2002) ressaltam que as análises realizadas a partir de único indicador ou a medição da corrente tomando numa determinada condição do canal pode apresentar resultados diferentes, dependendo da contexto geomorfológico local e da história do canal em questão.

Logo, é recomendável que a formulação de critérios diagnósticos específicos e protocolos de monitoramento devem ser adaptados para áreas geográficas específicas, devido à variabilidade dos controles no canal condição dentro de bacias hidrográficas e entre regiões (MONTGOMERY; MACDONALD, 2002). Por exemplo, Hupp e Osterkamp (1996) relatam que padrões de vegetação ciliar em regiões semi-áridas podem estar mais estreitamente relacionados aos padrões da disponibilidade de água, diferentemente da maioria dos outros fluxos em ambientes mais úmidos.

Dessa forma, é preciso discernir que quando se recupera a floresta ciliar, conseqüentemente, promove-se a restauração da função hidrológica do solo. Entre outros benefícios, Salemi et al. (2011) destacam que o solo, ao receber continuamente um aporte de matéria orgânica da serapilheira e ganhando porosidade com a atividade do sistema radicular da floresta e também por meio da atividade da biota do solo, permite que haja maior condução de água em direção às camadas mais profundas. Assim, pode haver a restauração do processo de recarga do aquífero livre e ocorrer a “volta” da vazão do ribeirão (ou da nascente) que havia “secado”

Há mais de uma década existem mecanismos que permitem estudar as zonas ripárias indiretamente com bastante precisão, através da utilização de imagens de sensores remotos e *software* de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), como pode-se observar nos trabalhos de Phinn e Stow (1999) e Oliveira et al. (2007). Outras técnicas também bastante promissoras que estão sendo comumente empregadas para monitorar o estado de conservação desses ecossistemas são os índices e os protocolos de avaliação do estado de conservação ripário.

2.4 OS ÍNDICES E PROTOCOLOS PARA AVALIAÇÃO DAS ZONAS RIPÁRIAS:

Os índices e protocolos são ferramentas úteis para aplicações técnicas rotineiras das agências de água, florestas e meio ambiente. Também são comumente empregados em inúmeros ramos das pesquisas acadêmicas, muitos estudos testam novas proposições, enquanto outros, fazem experimentação e aperfeiçoamento de metodologias já existentes.

Num ambiente tipicamente ripário esses protocolos e/ou índices de monitoramento utilizam-se de diversos indicadores ambientais, tais como, os físico-químicos, os microbiológicos, os florestais e os hidrológicos. Porém, segundo Rodrigues e Gandolfi (2009) não existem critérios ou indicadores de uso universal. Então, de modo geral, de acordo com a variabilidade geográfica e outros fatores intrínsecos, o uso dos índices e/ou protocolos de monitoramento pode ficar restrito a área ou bioma objeto de determinado projeto de restauração.

Na perspectiva de estabelecer mecanismos de conservação das águas, a Europa, por exemplo, promulgou em 2000 a sua nova política de águas, denominada, Diretiva do Quadro da Água (DQA) ou *Water Framework Directive (WFD)*. Esse

documento tem por objetivo a proteção de todas as águas da Comunidade Europeia (CE, 2000). Assim, tal iniciativa instaurou no sistema jurídico europeu o conceito de “estado ecológico das massas de água de superfície”, que apontaria as atuais condições das águas em relação às características evidenciadas em condições naturais ou padrões.

Para Barreira (2012), a DQA é o principal instrumento político da União Europeia relativo à água, estabelecendo um quadro de ação comunitária para a proteção das águas superficiais e subterrâneas baseado na gestão de regiões hidrográficas através dos seus planos de gestão. Daí em diante aumentaria a demanda por protocolos de monitoramento dos recursos hídricos e ambientais, por exemplo, a seguir são apresentadas duas ferramentas utilizadas no contexto de Portugal.

A partir da Diretiva Habitats (DH) - proteção da natureza e da DQA - proteção dos recursos hídricos da União Europeia foram desenvolvidos dois protocolos: o protocolo para Amostragem e Avaliação de Macrófitas na DQA e o protocolo para Amostragem de Habitats Florestais Ripícolas na DH (BARREIRA, 2012).

Sem embargo, recomenda-se para a determinação do “estado ecológico” o monitoramento de elementos biológicos, parâmetros físico-químicos e hidromorfológicos (GODINHO; PINHEIRO, 2012). Contudo, salienta-se que existem várias combinações possíveis destes parâmetros, assim, a escolha vai depender do objetivo do protocolo ou índice.

Em alguns protocolos, só após as análises laboratoriais posteriores os dados referentes aos corpos d’água passam por uma etapa de classificação. Segundo Barreira (2012), a classificação das massas de água permite a indexação de classes de estado baseadas no seu “estado ecológico” e no “estado químico”, por exemplo, sendo que para atingir um bom estado a massa de água tem de ter, no mínimo, bom estado ecológico e bom estado químico.

Em suma, pode-se observar na maioria dessas ferramentas disponíveis que depois de terminada a etapa de classificação ou logo em seguida a aplicação do protocolo ou índice, baseando-se nas respostas aos parâmetros analisados através de um ranqueamento qualiquantitativo consegue-se, enfim, determinar o estado de qualidade da massa d’água. No trabalho de Del Tanago et al.(2006), por exemplo,

usam-se as expressões: mal, regular, bom e ótimo como respostas à aplicação do índice *Riparian Quality Index* (RQI).

Outro instrumento rápido e sintético que vem sendo utilizado atualmente para o monitoramento de rios é o Protocolo de Avaliação Rápida de Rios (PAR), o mesmo foi ultimamente abordado em alguns estudos, inclusive no Brasil, vê mais detalhes nos trabalhos de Calisto et al. (2002), Rodrigues et al. (2012), Vargas e Júnior (2012) e Bizzo, Menezes e Andradre (2014).

A seguir é apresentada uma lista com alguns índices e protocolos que foram elaborados por especialistas europeus (principalmente espanhóis) e americanos (Quadro 1).

Quadro 1 – Principais índices e protocolos utilizados na avaliação do estado das zonas ripárias (continua).

Índices ou Protocolos	Enfoque Principal	Métricas	Resultados	Autores e Ano	Local
Qualitat del Bosc de Ribera – QBR	Análise da Cobertura Vegetal	Grau de cobertura vegetal da zona ripária, estrutura da cobertura, qualidade da cobertura e grau de naturalidade do canal fluvial.	Ranqueamento Qualiquantitativo	(MUNNÉ; SOLÁ; PRAT, 1998)	Espanha
Índice de Vegetación Fluvial - IVF	Análise da Comunidade Vegetal	Agregação ponderada do recobrimento das comunidades e espécies presentes e da pontuação respectiva a cada espécie a partir da sua característica mais ou menos natural	Ranqueamento Qualiquantitativo	(GUTIÉRREZ; SALVAT; SABATER, 2001)	Espanha
Vegetation index of Biotic Integrity - VIBI	Análise da integridade florística de zonas úmidas	Analisa as ecoformações vegetais das zonas úmidas e as correlaciona com distúrbios antrópicos.	Ranqueamento Qualiquantitativo	(MACK, 2001; LOPES; FENNESSY, 2002)	EUA

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 1 – Principais índices e protocolos utilizados na avaliação do estado das zonas ripárias (continuação).

Índices ou Protocolos	Enfoque Principal	Métricas	Resultados	Autores e Ano	Local
Protocolo HIDRI para la valoración de la calidad hidromorfológica dos rios	Análise hidromorfológica	Análise robusta envolvendo vários aspectos hidromorfológicos de campo e laboratório.	Ranqueamento Qualiquantitativo	(ACA, 2006)	Europa
Riparian Quality Index - RQI	Análise Hidrológica e Geomorfológica	Continuidade longitudinal do bosque, As medidas de largura de faixa vegetativa associada ao rio, a composição e estrutura da vegetação ripária, e a regeneração natural da vegetação arbórea e arbustiva	Ranqueamento Qualiquantitativo	(GONZÁLEZ DEL TANAGO et al., 2006)	Espanha
Índice Hidrogeomorfológico - IHG	Análise da Hidrogeomorfologia	Baseia-se na qualidade funcional do sistema fluvial, na qualidade do canal e na qualidade dos taludes	Ranqueamento Qualiquantitativo	(OLLERO et al., 2008)	Espanha
Riparian Forest Evaluation - RFV	Análise da Integridade Ecológica	Analisa a continuidade da floresta nas três dimensões: longitudinal, transversal e vertical. Além da continuidade temporal (regeneração natural).	Ranqueamento Qualiquantitativo	(MAGDALENO et al., 2010).	Espanha

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 1 – Principais índices e protocolos utilizados na avaliação do estado das zonas ripárias (conclusão).

Índice ou Protocolos	Enfoque Principal	Métricas	Resultados	Autores	Local
Índice da Qualidade das APPs - IQ	Análise do Grau de antropização marginal	Presença ou Ausência de impactos x Peso	Ranqueamento Qualiquantitativo	(ROSA; BUFFON; KEHL, 2010)	Brasil (RS).
Protocolos de Avaliação Rápida de Rios - PAR	Análise hidro geomorfológica e da cobertura florestal	Check lists de parâmetros Hidrogeomorfológicos e da cobertura florestal aquáticos e terrestre.	Ranqueamento Qualiquantitativo	(CALISTO et al. 2002, RODRIGUES et al., 2012, VARGAS; JÚNIOR, 2012, BIZZO; MENEZES; ANDRADE, 2014 e OLIVEIRA; NUNES, 2015).	Brasil (ES, MG e RJ).

Fonte: Elaborado pelo autor.

Em São Paulo, a SMA (2011) recomenda como critério para aceitação das matrizes de protocolos ambientais, a simplicidade dos procedimentos, a facilidade de mensuração e análise, a celeridade das medições (no máximo uma hora) e, finalmente, que permita a aplicação por qualquer técnico da área ambiental, dispensando tutela de pesquisador especializado.

A elaboração e consolidação desses instrumentos pode ajudar, sobremaneira, a gestão hídrica brasileira. Silveira, (2004) destaca que o aumento da demanda por suprimento de água nos sistemas fluviais tem pressionado os cientistas a obterem e utilizarem dados básicos para desenvolver guias de gerenciamento dos recursos hídricos e manutenção da integridade ambiental.

De tal modo, isso acaba facilitando o trabalho dos gestores de águas fluviais. Haja vista que o gerenciamento ainda é um tanto complexo, como aponta Silveira (2004), os rios são como um ecossistema aberto e dinâmico e os fatores bióticos e

abióticos determinantes de sua estrutura e funcionamento. Logo, em muitas situações, é impossível controlar os múltiplos fatores intervenientes desse sistema.

Silveira (2004) descreve alguns desses, por exemplo, a fisiografia do canal é considerada bastante importante: áreas de remansos e corredeiras, a estrutura física do ambiente também desempenha um papel importante na determinação do número e tipos de organismos que podem sobreviver num rio. Outro, a geometria do canal numa bacia é meândrica, com uma variedade de substratos criados pela variação no regime de fluxo tanto longitudinalmente como transversalmente ao canal. O resultado é a presença de poções e de corredeiras, áreas de deposição e erosão e, finalmente, um equilíbrio dinâmico entre o fluxo de água e seu substrato.

Por esse motivo, existe uma certa dificuldade em monitorar extensas áreas fluviais, como as bacias hidrográficas. Segundo Campanili e Schaffer (2010a), para a realização do diagnóstico em áreas maiores ou áreas que envolvam várias propriedades rurais, podem ser utilizadas fotografias aéreas ou imagens de satélite, complementadas com a aplicação do protocolo em campo.

De acordo com González et al. (2015), mesmo após um bom período do surgimento da ecologia de restauração, só recentemente ocorreram as primeiras divulgações das avaliações do sucesso da recuperação de mata ciliar. No entanto, falta ainda uma maior integralização dos dados utilizados, inclusive das métricas. Ainda, nesse estudo realizado por González et al. (2015) a fim de elencar a principal estratégia mundial, extraída de 169 artigos, utilizadas para restauração de ambientes ripários, identificou-se que a estratégia mais frequentemente usada para o restauro foi a hidrogeomórfica (hidrológicas e geomorfológicas) com um total de 84 artigos, cerca de 50%.

Além desses fatores hidrológicos, vale a pena salientar, conforme Joly, Metzger e Tabarelli (2014), que o sucesso da restauração depende de fatores económicos, sociais e biológicos. Outrossim, o uso de Boas Práticas de Gestão (BPGs), zoneamento eficaz e políticas de incentivo poderiam auxiliar no gerenciamento dos impactos do uso da terra na zona ribeirinha (RANDHIR; EKENESS, 2013), evitando assim a necessidade de restauração. Essa prática, atualmente, na visão de Stanturf, Palik e Dumroese (2014, p. 292) os projetos de restaurações florestais de boa parte dos continentes é concedida do seguinte modo:

A prática de restauração florestal se concentra em quatro estratégias de restauração: a reabilitação, reconstrução, recuperação e substituição. Na reabilitação, os gestores de terra restauraram a composição de espécies desejadas, estrutura ou processos ecológicos. Na reconstrução, restaurar-se as comunidades de plantas nativas. Na recuperação aplica-se a solos gravemente degradados geralmente desprovidos da vegetação e, na substituição é a chegada de novas espécies adaptados em função da mudanças climáticas.

Dentro desse cenário de monitoramento da recomposição florestal, no Brasil temos a expertise da Secretária de Meio Ambiente de São Paulo (SMA) no uso de Protocolos. Por exemplo, para SMA (2011) os indicadores mais pertinentes para o monitoramento de formações florestais restauradas por plantio total são: isolamento da área, ocorrência de fatores de degradação, cobertura de área, ocorrência de espécies problema, diversidade arbustivo-arbórea e diversidade de regenerantes.

No protocolo de monitoramento da SMA (2011) é sugerido que, numa etapa inicial de avaliação, devem-se atender as seguintes recomendações, durante os três primeiros anos após a implantação, é sugerido monitorar os seguintes indicadores: isolamento de perturbações; mato competição, com destaque para o coroamento da área circunvizinha às mudas; frequência de formigueiros; mortalidade das mudas; presença e frequência de espécies arbóreas invasoras; presença de espécies sombreadoras; distribuição espacial das espécies sombreadoras e cobertura de copa.

Posteriormente, deve-se verificar a restauração de processos ecológicos, avaliando-se assim a sustentabilidade e perpetuação temporal da área restaurada. Sugere-se que isso seja verificado após 5 anos e depois de 10 a 15 anos do plantio. Além do Estado de São Paulo, no Brasil existem outros, dentre os quais, o Protocolo do Pacto pela restauração da Mata Atlântica que segundo Rodrigues, Brancalion e Isernhagem (2010) tem como enfoque maior a restauração do bioma, ou seja, é aplicado no domínio da Mata Atlântica.

Em vista disso, pode-se dizer que o Protocolo do Pacto é seguramente um dos mais utilizado no país, constituindo-se num poderoso instrumento fitossociológico voltado a avaliar a estrutura das comunidades florestais de terra firme ou de áreas ripícolas. Vale salientar que a fitossociologia, por sua vez, é uma ciência direcionada ao estudo de comunidades vegetais, se aproxima aos termos “ecologia vegetal” e “ciência da vegetação”. Desde modo o principal papel dessa ferramenta é entender os padrões de estruturação das comunidades vegetais (GIEHL; BUDKE, 2011).

Isto posto, apesar dos mais variados índices e protocolos utilizados globalmente para avaliar o estado de conservação da zona ripária, entende-se que a utilização na sua integridade dessas ferramentas alóctones a realidade brasileira, poderia colocar em xeque os resultados do corrente estudo. Então, aqui se optou pela utilização do protocolo fitossociológico do Pacto e hidrológico do PAR, ambos já utilizados no país.

3 MATERIAL E MÉTODO

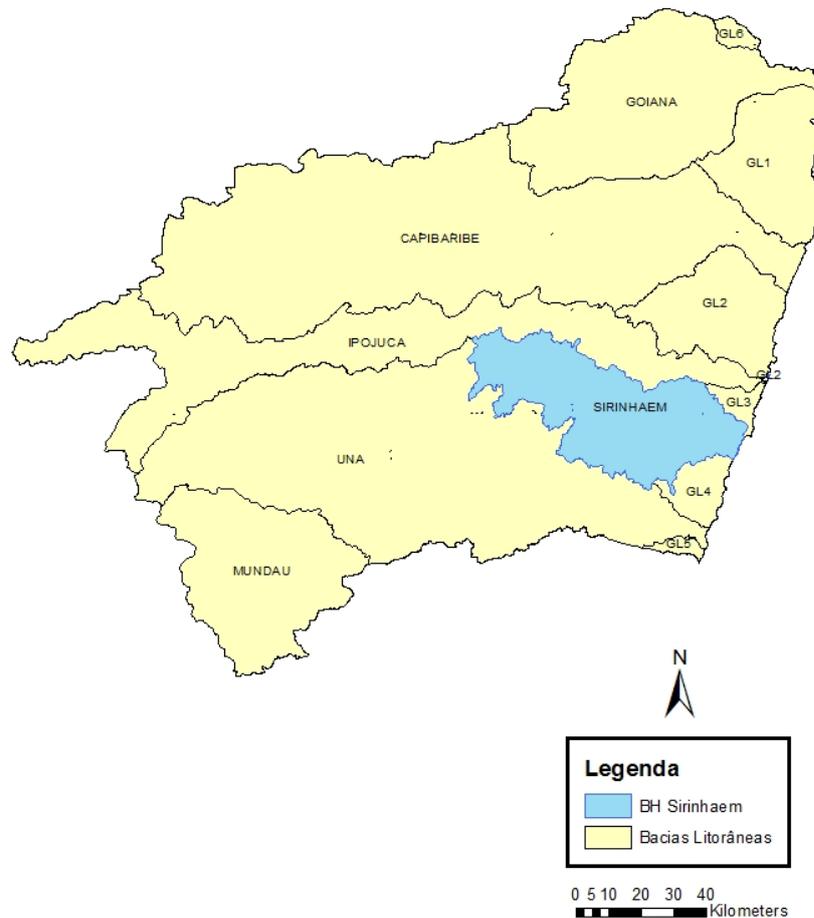
3 MATERIAL E MÉTODO

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A) CARACTERIZAÇÃO HIDROLÓGICA:

Em relação às Bacias Hidrográficas de Pernambuco, segundo o Plano Estadual de Recursos Hídricos (1998) o estado está dividido em 29 Unidades de Planejamento, 29 grupos de bacias hidrográficas. As bacias que escoam para o Oceano Atlântico, constituem os chamados rios litorâneos (Figura 1), e os principais são: Goiana, Capibaribe, Ipojuca, Sirinhaém, Una e Mundaú e Grupos de Bacias de Pequenos Rios Litorâneos - GL's, conforme a Agência Pernambucana de Águas e Clima do Estado de Pernambuco (APAC, 2016).

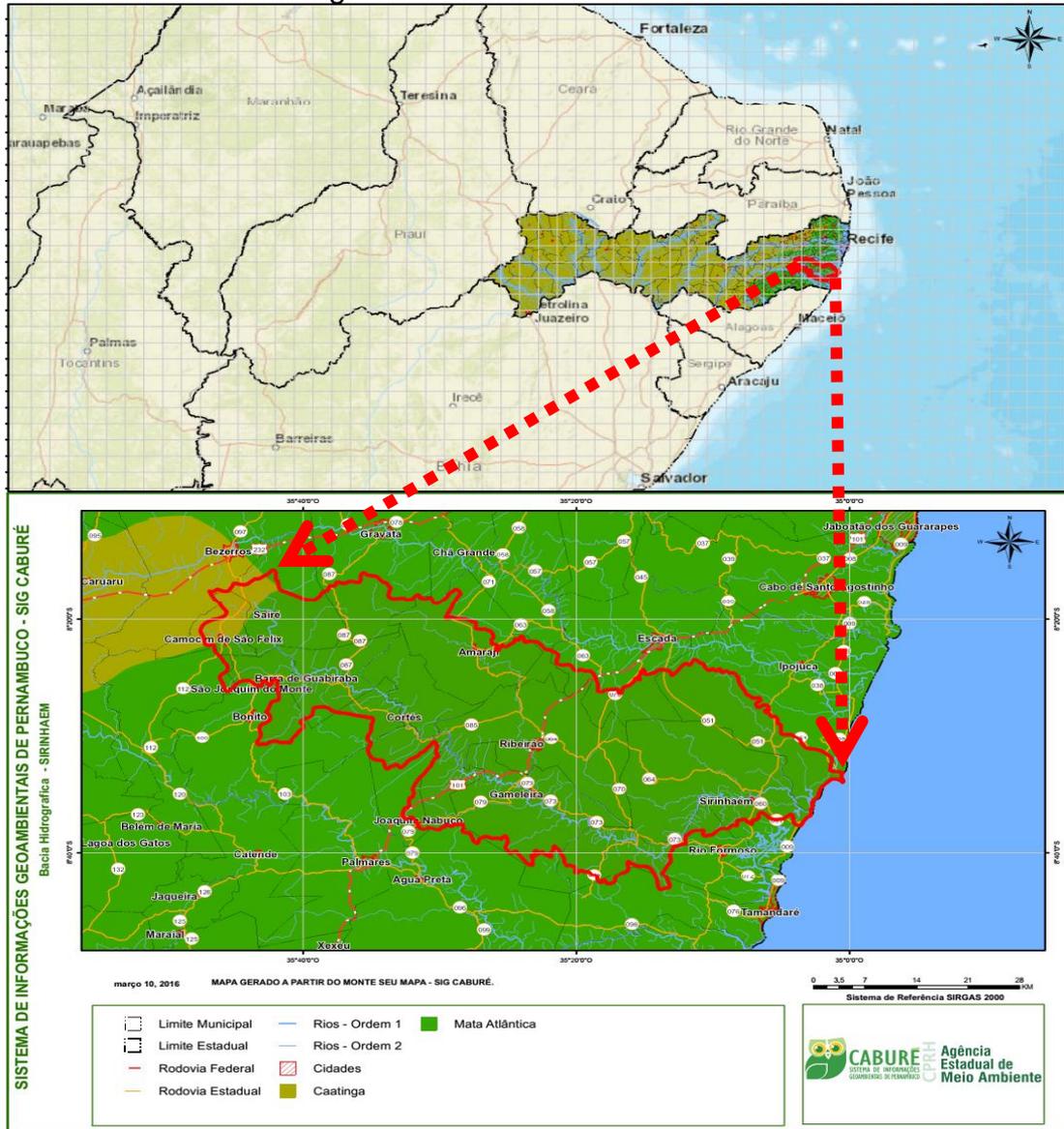
Figura 1 - Localização das bacias litorâneas do Estado de Pernambuco.



Fonte: Elaboração própria com base nos dados (APAC, 2016).

Respectivamente, a bacia litorânea do Rio Sirinhaém (Figura 2) possui uma área de drenagem de 2.069,60Km², a nascente fica no Bioma Caatinga na Cidade de Camocim de São Felix, em seguida, em sua maior extensão o Rio atravessa o Bioma Mata Atlântica até desaguar no Oceano Atlântico no Município de Sirinhaém (CPRH, 2015).

Figura 2 - Bacia do Rio Sirinhaém.



Fonte: SIG Caburé, CPRH.

O Rio Sirinhaém é o principal curso d'água da bacia, sua extensão é de aproximadamente 158 km, atravessando as sedes municipais de Cortês, Gameleira e Sirinhaém. Destacam-se como principais afluentes na margem esquerda: os riachos do Sangue e os rios Amaraji, Camaragibe, Tapiruçu e Sibiró; e, na margem direita: os riachos Seco, Tanque de Piabas e Várzea Alegre, Córrego Sabiá e Rio Cuiambuca. O afluente mais importante é o Rio Amaraji que nasce no município de Gravatá. Sua extensão de aproximadamente 65 km drena as águas provenientes das cidades de Gravatá, Amaraji, Ribeirão e Gameleira (APAC, 2016).

Na macrorregião do estudo, geralmente, a precipitação é regular com maiores volumes de chuva no inverno (Abril, Maio, Junho e Julho), a seguir, na Tabela 1, pode-se observar a precipitação média num intervalo de 10 anos de dados de pluviosidade para região, desde o ano de 2006 até 2015.

Tabela 1 - Pluviosidade na macrorregião do estudo no inverno.	
Postos pluviométricos	Precipitação média no inverno
Sirinhaém	326,82 mm
Ipojuca	327,80 mm
Primavera	261,60 mm
Rio Formoso	257,60 mm
Palmares	216,32 mm

Fonte: Elaboração própria a partir do banco de dados da APAC PE, 2016.

Observando a variação sazonal da precipitação no Município de Sirinhaém, observa-se que os meses mais chuvosos são abril, maio, junho e julho, concentrando 60% da precipitação total anual. Já os meses de outubro, novembro e dezembro são os mais secos, representando apenas 7% do total anual. Os dados utilizados para a caracterização pluviométrica da região foram oriundos do banco de dados da APAC, entre os anos de 1963 e 2015, totalizando 36 anos de dados (Figura 3).

Figura 3 - Variação sazonal da precipitação, Sirinhaém-PE.



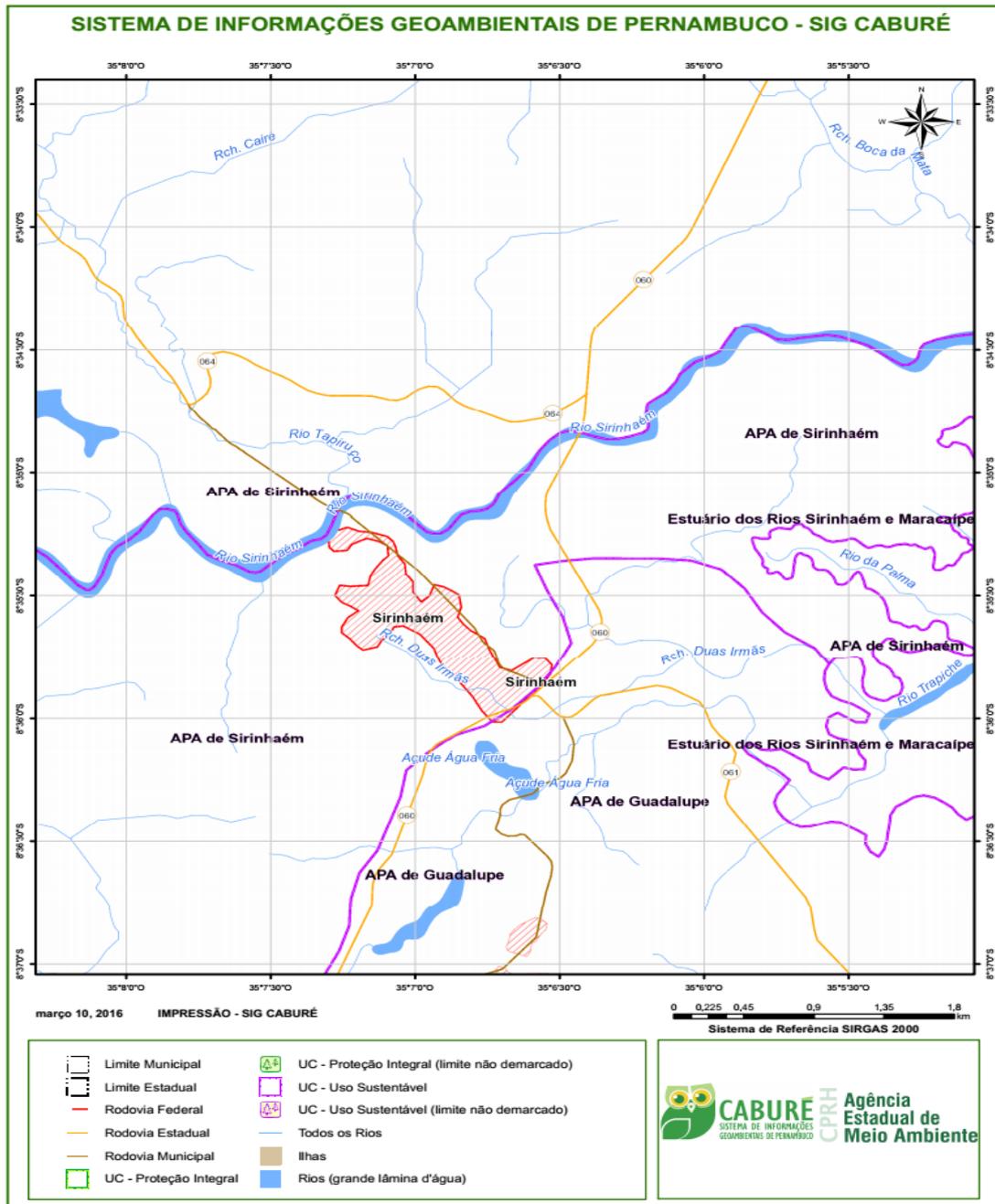
Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da APAC PE.

B) USO E OCUPAÇÃO DA TERRA:

Ao longo da calha principal do Rio Sirinhaém identificam-se os seguintes usos da terra: ocupação urbana e industrial, policultura, áreas naturais de Mata Atlântica e manguezal. Neste percurso a água é usada para abastecimento público, recepção de efluentes domésticos, agroindustriais e industriais (sucroalcooleira), produtos alimentícios e borracha (CPRH, 2015).

Na Cidade de Sirinhaém mais precisamente na margem direita do trecho do Rio Sirinhaém analisado, ressalta-se a importância das Unidades de Conservação (UCs): Área de Proteção Ambiental (APA) de Sirinhaém e APA de Guadalupe como atributos de proteção ambiental (Figura 4). A APA de Sirinhaém é lindeira à margem direita do trecho estudado e, tem como função conservar os ecossistemas naturais essenciais à biodiversidade, visando à melhoria da qualidade de vida da população (PERNAMBUCO, 1998).

Figura 4 - Disposição das UCs sobre o trecho analisado do Rio Sirinhaém.



Fonte: SIG Caburé, CPRH.

Ademais, o Rio Sirinhaém atravessa naturalmente as terras da Usina Trapiche no Município de Sirinhaém, na Zona da Mata Sul pernambucana. A Usina conta com uma área total de 31.500 hectares, sendo 18.700 ha cultivados com cana-de-açúcar, 300 ha com pastagens, 6.500 ha (20,6%) com preservação da Mata Atlântica, 1.850 ha (5,9%) com APPs de mangue e outros 388 ha com reflorestamentos.

Os principais produtos são: açúcar (3.400.000 sc de 50 kg) e etanol (22.000.000 litros). Ressalva-se que durante o processo produtivo são obtidos os seguintes subprodutos: torta de filtro (42.500,0 ton.) com capacidade de adubação de 1.530 ha e vinhoto (330.000 m³) com capacidade da fertirrigação de 2.200 há (TRAPICHE, 2013).

Apesar dos expressivos números, são apontados como dificuldades para captação e transferência da matéria-prima para a indústria: o relevo e o regime hidrológico do local. O primeiro pelo fato de 70% da cana plantada encontrar-se em encostas e o segundo pelos altos índices de pluviosidade durante a safra (CARLINI JR et al., 2006).

Mesmo diante dessas dificuldades operacionais, a empresa foi uma das pioneiras no estado de Pernambuco na consolidação de uma política ambiental consistente. Nesta conjuntura, aos poucos, as ações foram ocorrendo a fim promover o aproveitamento total dos subprodutos da cana-de-açúcar (torta de filtro e vinhoto) e a restauração florestal das matas ciliares do Rio Sirinhaém (Figuras 5 e 6) nos engenhos de Buranhém, Jaciru Alto, Jaciru Baixo, São Brás, Rosário e Palma (TRAPICHE, 2013).

Em 2007 a empresa foi signatária do TC firmado com a CPRH se comprometendo a restaurar 18 ha de mata ciliar durante 03 anos (6,0 ha/ano), no período compreendido entre os anos de 2007, 2008 e 2009 (CPRH, 2007). Satisfatoriamente, tal meta, segundo Trapiche (2013), foi extrapolada para os atuais 106,1 ha reflorestados.

Figura 5 – Início da restauração da mata ciliar do Rio Sirinhaém, engenho Palma no ano de 2001.



Fonte: Usina Trapiche (TRAPICHE, 2013).

Figura 6 – Estado da restauração da mata ciliar do Rio Sirinhaém, engenho Palma no ano de 2009.



Fonte: Usina Trapiche (TRAPICHE, 2013).

3.2 MÉTRICAS FITOSSOCIOLÓGICAS:

A) O PROTOCOLO DE MONITORAMENTO DO PACTO:

As análises fitossociológicas foram conduzidas com base no protocolo de monitoramento para programas e projetos de restauração florestal do Pacto pela Restauração da Mata Atlântica (PACTO, 2013). Para tal, foram definidos os princípios, critérios, indicadores e verificadores, à luz desse robusto protocolo (PACTO, 2013, p. 6, grifo nosso):

Princípio: um componente fundamental. No contexto de restauração ecológica, os princípios fornecem a estrutura primária para a avaliação de um projeto. **Critério:** Um item de avaliação ou meio de julgar um princípio. Um critério pode ser entendido como um princípio de “segunda ordem” que acrescenta significado e operacionalidade a um princípio, sem que, por si próprio, constitua uma medida direta de desempenho. **Indicador:** é qualquer variável do projeto de restauração ecológica usada para inferir a condição de um determinado critério. Os indicadores devem transmitir uma informação e não devem ser confundidos como condições para satisfazer os critérios. **Verificador:** formas de verificar, mensurar ou avaliar um indicador.

Isto posto, com base nos três princípios da restauração previstos pelo Pacto: ecológico, socioeconômico e gestão de projeto, optou-se pela aplicação do ecológico de acordo com a Tabela 2. Antes, porém, é importante ressaltar que em relação ao período do projeto o Protocolo do Pacto está dividido em duas fases: a Fase I ≤ 3 anos - focada mais no sucesso do estabelecimento dos indivíduos e na estruturação do

dossel e a Fase II > 3 anos - voltada mais para a avaliação da trajetória ecológica, mudança na composição das espécies (PACTO, 2013).

Segundo informações da Usina Trapiche (2013) os plantios realizados na área estudada, aproximadamente 18 ha, foram iniciados em 2001 e em 2007. Por essa razão foi aplicado o protocolo em consonância com a Fase II.

Tabela 2- Parâmetros fitossociológicos adotados para avaliar a trajetória ecológica.
Princípio: Trajetória Ecológica - Fase II

Critérios	Indicadores	Verificadores	*Cálculos Fitossociológicos
Estrutura: Distribuição vertical e horizontal da comunidade vegetal em restauração.	Densidade	Densidade Absoluta	$DAe = \frac{ne}{A}$ (1)
		Densidade Relativa	$DRe = \frac{ne}{N} * 100$ (2)
	Biomassa	Área basal	$Gi = \frac{P^2}{4\pi}$ (3)
		Altura	H (4)
		Volume Total	$Vt = \sum Gt * \sum Ht * Ff * Fe$ (5)
Composição de espécies arbustivas e arbóreas: Descrição quantitativa e qualitativa das espécies que compõem a comunidade vegetal em restauração.	Frequência	Frequência Absoluta	$FAe = \frac{Pe}{Pt} * 100$ (6)
		Frequência Relativa	$FRe = \frac{FAe}{FAt} * 100$ (7)
	Dominância	Dominância Absoluta	$DoAe = \frac{\sum Ge}{A}$ (8)
Dominância Relativa		$DoRe = \frac{Ge}{Gt} * 100$ (9)	
	Cobertura	Valor de Cobertura	$VCe = \frac{DRe + DoRe}{2}$ (10)
	Importância	Valor de Importância	$Vle = \frac{DRe + FRe + DoRe}{3}$ (11)

Fonte: Elaboração própria com base no Protocolo do Pacto (2013) e nos cálculos fitossociológicos apresentados por Moro e Martins (2011).

*Onde: DAe = Densidade Absoluta de uma espécie, ne = número de indivíduos amostrados da espécie e, N=número total de indivíduos amostrados na comunidade; DRe= Densidade relativa da espécie e; Gi = área basal do indivíduo, P = Perímetro ou CAP (circunferência a altura do peito); Vt = Volume total em metro estéreos, $\sum Gt$ = é o somatório da área basal de todos os indivíduos, $\sum Ht$ = é o somatório da altura H de todos os indivíduos, Ff = Fator de forma usual para Mata Atlântica - 0,7 (converte um volume cilíndrico num volume sólido), Fe = Fator de empilhamento – 2,7 (converte um volume sólido num volume empilhado); FAe= Frequência Absoluta de dada espécie e, Pe = Número de Unidades Amostrais em que ocorre a espécie e ocorre, Pt = é o número total de unidades amostrais utilizadas no trabalho; FRe = é a frequência relativa de dada espécie e, FAt = é o somatório da frequência absoluta de todas as espécies somadas; DoAe = é a dominância absoluta da espécie e, $\sum Ge$ = é o somatório da área basal de cada um dos indivíduos da espécie e, A = é a área total amostrada, em hectare; DoRe = é a dominância relativa, Ge = é a área basal da espécie e, Gt = é a área basal total; VCe = é o índice valor de cobertura de uma dada espécie e; Vle= é o índice de valor de importância de dada espécie e.

B) A SUFICIÊNCIA AMOSTRAL:

De acordo com o protocolo do Pacto pela restauração da mata atlântica (PACTO, 2013) para instalações de parcelas em áreas acima de 1,0 ha o número das respectivas parcelas deverá ser encontrado através da fórmula abaixo:

Para $A > 1,0$ ha Temos:

$$* NP = 5 + (A - 1) \quad (12)$$

Onde:

A = Área em hectares

NP = Número de Parcelas a serem amostradas

*Limitado a um número máximo de 50 parcelas, independentemente da área do projeto.

Logo, para uma área com 18 ha temos:

$$* NP = 5 + (18 - 1)$$

$$* NP = 22$$

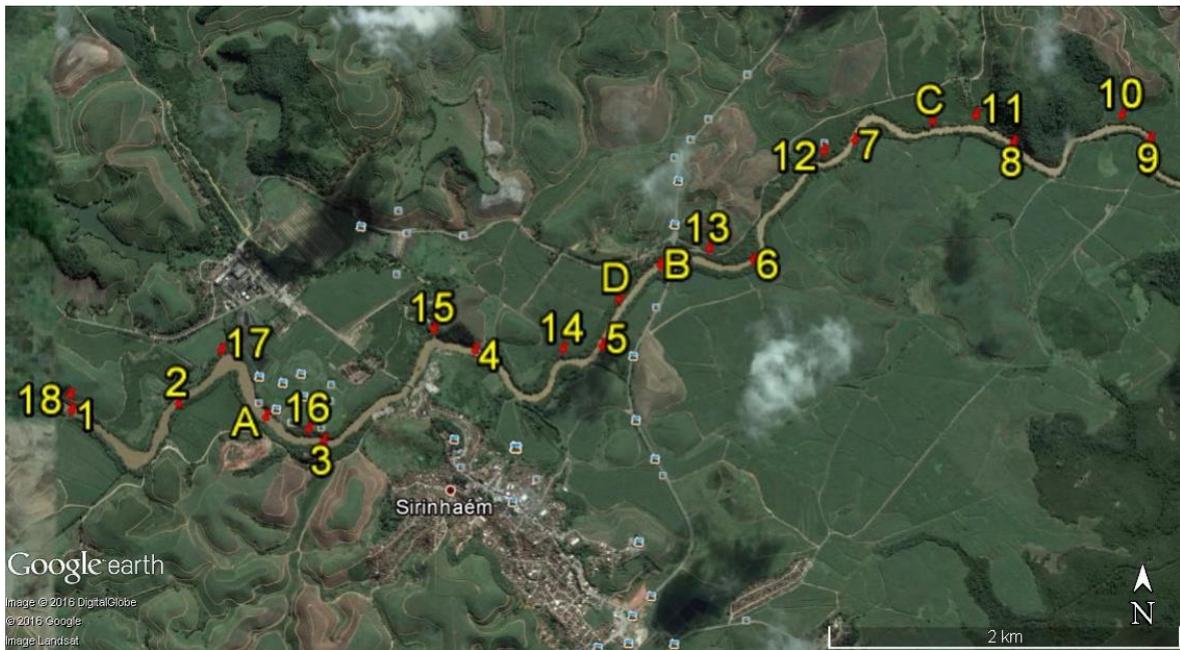
C) O FORMATO E A DISTRIBUIÇÃO DAS UNIDADES AMOSTRAIS:

Foram demarcadas sobre um trecho do rio com aproximadamente 8,0 Km de extensão, 18 parcelas retangulares de 4 x 25 m (100,0 m² cada), sendo 9 parcelas para cada margem do trecho, distribuídas de forma sistematizada (P1 a P18), ou seja, equidistantes de 1,0 Km (Figura 7).

Outras 4 parcelas retangulares (PA a PD) de 4 x 25 m (100,0 m²) também foram lançadas, sendo 2 parcelas para cada margem do trecho, com distâncias aleatórias que foram sorteadas em campo respeitando o seguinte gradiente de distância a partir uma determinada parcela sistematizada: 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800 e 900 m (Figura 7).

Ao final da amostragem, totalizou-se 0,2 ha ou 2.200,0 m² amostrados. Lembrando ainda que a “margem A” é lindeira ao centro urbano da Cidade de Sirinhaém, enquanto que a “margem B” está localizada próximo à sede da Usina Trapiche (Figura 7).

Figura 7 – Distribuição das Unidades Amostrais ao longo do trecho analisado.



Fonte: Adaptado com base em imagem do programa Google Earth Pro de 18 de junho de 2015.
Obs.: P17 foi deslocada em 0,25 Km no campo em virtude da ausência de vegetação a 1,0 Km de P18.

D) OS FATORES DE INCLUSÃO:

Foram amostrados todos os indivíduos arbustivo-arbóreos com Circunferência à Altura do Peito (CAP) superior ou igual a 15 cm ($CAP \geq 15$ cm), além daqueles indivíduos que embora não se enquadrassem no fator de inclusão supracitado ($CAP < 15$ cm) mas apresentavam altura – H superior ou igual a 0,5 m ($H \geq 0,5$ m). Assim, para tais foram tomadas medidas de Circunferência a Altura da Base (CAB).

E) A EQUIPE TÉCNICA:

A equipe de campo foi composta por dois agentes ambientais da CPRH (incluindo o autor que também é fiscal ambiental da referida agência) e um ajudante de campo. Além do suporte de um técnico agrícola da Usina Trapiche S/A.

F) PERIODICIDADE:

As visitas técnicas ocorreram em duas etapas: a primeira na estação chuvosa no dia 17 de junho de 2015 (na ocasião só foi possível realizar o reconhecimento da área que estava praticamente inacessível devido ao aumento da intensidade das precipitações). Na segunda visita, durante a estação seca, foram realizadas todas as coletas de dados no período de 2 a 4 de dezembro de 2015.

G) A IDENTIFICAÇÃO BOTÂNICA:

Os indivíduos foram identificados em campo ao nível de espécie a partir da experiência da equipe técnica no que se refere às características botânicas das famílias e, posteriormente, foram classificados ao nível de família com base no sistema taxonômico da *Angiosperm Phylogeny Group* - APG III.

H) OS MATERIAIS UTILIZADOS:

Durante as instalações das parcelas em campo foram usados:

- 1) Tubos rígidos de PVC de 1" polegada de diâmetro e 1,0 metro de altura;
- 2) Fitas zebradas – 200 metros;
- 3) Trena métrica de 50 metros;
- 4) Fita diamétrica de costura;
- 5) Equipamento opcional, similar ao hipsômetro;
- 6) Máquina fotográfica;
- 7) GPS.

3.3 MÉTRICAS HIDROLÓGICAS:

A) O PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO HIDROLÓGICA:

O protocolo hidrológico adotado foi elaborado com base nos estudos de Callisto et al. (2002). Nesse estudo os autores testaram didaticamente a aplicação de um PAR para avaliar a eficiência dos resultados da aplicação feita por grupos treinados e não treinados de estudantes, não obtendo diferenças significativas nos resultados obtidos pelos grupos. Portanto, demonstrando ser uma ferramenta de simples aplicação.

Após uma investigação minuciosa do trabalho de Callisto et al. (2002) e de seus inspiradores: o Protocolo da Agência de Proteção Ambiental de Ohio EUA - EPA, (1987) e o Protocolo de Hannaford, Barbour e Resh (1997), além do entendimento da continuidade da floresta nas dimensões longitudinal e transversal do índice *Riparian Forest Evaluation* (RFV) de Magdaleno et al. (2010), optou-se por elaborar uma nova proposta baseada nos citados estudos e nos conhecimentos de ecologia de paisagem destacados na obra de Primack e Rodrigues (2001).

Desta forma, elencaram-se questões fundamentais para nortear a avaliação de uma zona ripária, como, entre outras, a conectividade do *buffer* e o tipo de matriz adjacente ao mesmo. Em suma, aqui foi utilizada a estratégia de estabelecer parâmetros hidrológicos, vegetacionais e de uso e ocupação do solo para avaliar o estado de conservação da zona ripária.

Sumariamente, no trabalho desenvolvido por Callisto et al. (2002) o protocolo é dividido em duas partes: a primeira baseada no protocolo da EPA (1987) com pontuação variando de 0 a 4 pontos para cada parâmetro, num total de 10 parâmetros. Já a segunda parte baseia-se no protocolo de Hannaford, Barbour e Resh (1997), acrescentando-se mais 12 parâmetros cada um valendo de 0 a 5 pontos. Ao encerrar a contabilidade dos 22 parâmetros, pode-se atingir até 100 pontos.

Tais pontuações finais irão refletir o nível de preservação das condições ecológicas dos trechos estudados, onde, de 0 a 40 pontos representam trechos “impactados”; 41 a 60 pontos representam trechos “alterados”; e acima de 61 pontos, trechos “naturais” (CALLISTO et al., 2002).

Na proposta aqui apresentada foram utilizados 8 parâmetros denominados de “indicadores”, alguns extraídos de EPA (1987) e de Hannaford, Barbour e Resh (1997)

e, outros sugeridos, sendo que todos os parâmetros variaram de 0 a 5, conforme o “verificador” assinalado. Posteriormente, como resultado da aplicação do PAR, obtém-se os seguintes níveis de classificação: 0 a 20 pontos representam trechos “impactados”, 21 a 30 pontos trechos “alterados” e de 31 a 40 pontos são considerados trechos “naturais”.

A partir desse entendimento expõem-se uma nova proposta de protocolo hidrológico (Tabela 3).

Tabela 3 - Protocolo Hidrológico de Avaliação Rápida de Rios (continua)

Indicadores	Verificadores	Pontuação
1. Tipo de ocupação das margens do corpo d'água (principal atividade)	Pastagens, monocultivos, solo exposto, edificações de uso comercial, industrial e residencial.	0
	Manchas de vegetação herbácea e/ou gramíneas.	2
	Reflorestamento apresentando extrato arbustivo- arbóreo.	3
	Vegetação natural em estágio médio ou avançado de sucessão ecológica.	5
2. Alterações antrópicas	Alterações de origem industrial (fábricas, canalização, retificação do curso do rio ou afluente, barramentos e lançamento de efluentes e extração de minérios).	0
	Sistemas de captação de água de menor porte e lançamento de esgotos doméstico, lixo doméstico e a presença de canais de drenagem.	2
	Alterações de origem domésticas de baixo impacto (Pontes e construção de poços comunitários para abastecimento d'água).	3
	Ausente	5
3. Erosão nas margens do rio	Acentuada (embaciamentos)	0
	Moderada (solapamentos eventuais)	2
	Estabilizada (controlada pela vegetação)	3
	Ausente	5
4. Odor da água	Óleo/Industrial (Ex.: vinhaça, torta de filtro)	0
	Esgoto (ovo podre)	2
	Presença de biomassa animal ou vegetal em decomposição na lâmina d'água	3
	Nenhum	5

Fonte: Adaptado de Callisto et al., (2002) com base nos Protocolos da Agência de Proteção Ambiental de Ohio EUA - EPA, (1987) e Hannaford, Barbour e Resh et al., (1997).

Tabela 3 - Protocolo Hidrológico de Avaliação Rápida de Rios (conclusão).

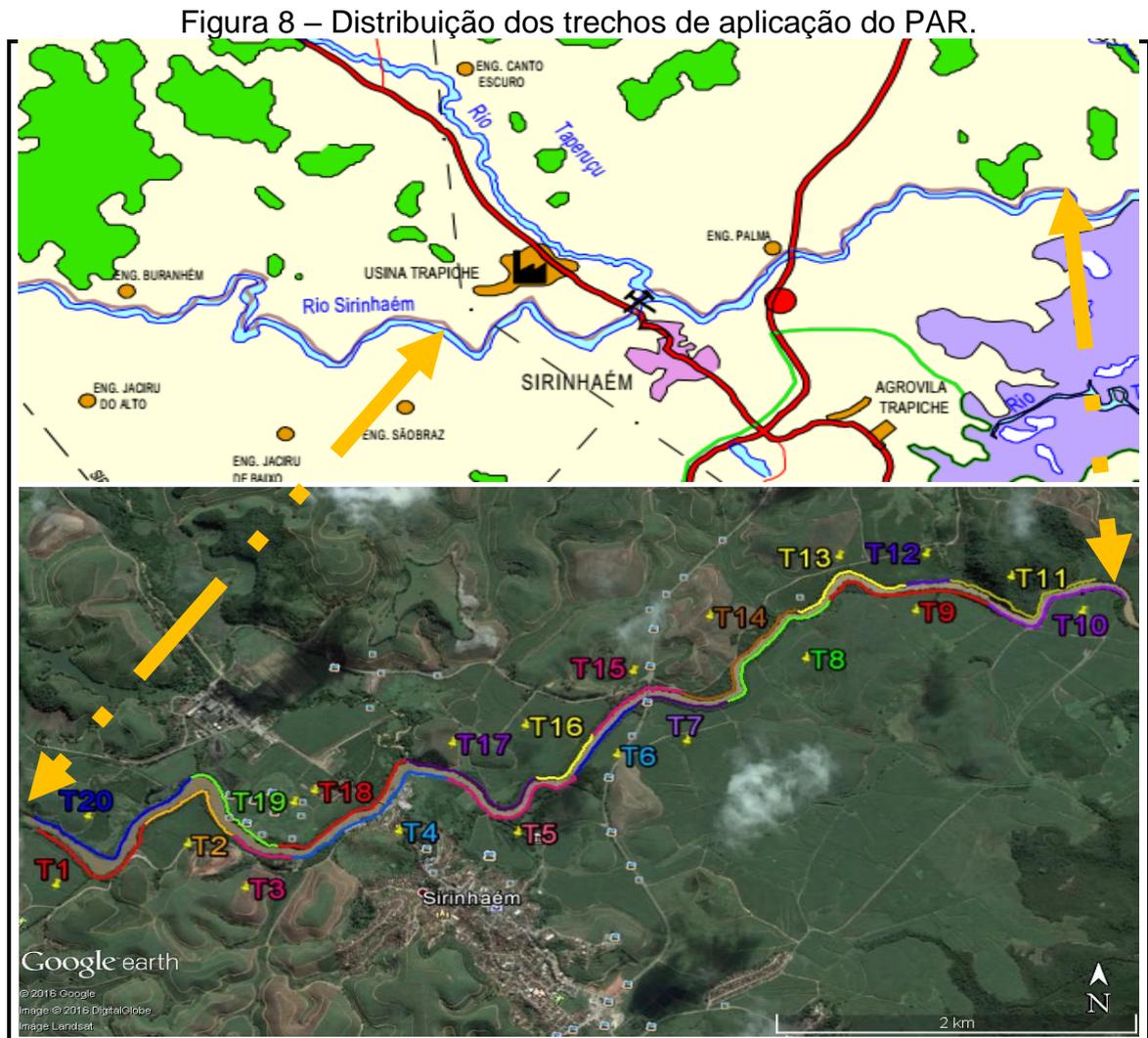
Indicadores	Verificadores	Pontuação
5. Depósitos sedimentares	Depósitos aluviais no leito do rio (assoreamento).	0
	Depósitos aluviais nas margens do rio com vestígios de solapamento.	2
	Depósitos aluviais extravasando as margens do rio sem vestígios de solapamento.	3
	Depósitos aluviais nas margens do rio decorrentes do transporte natural dos sedimentos ou ausentes.	5
6. Presença de plantas aquáticas	Presença de grandes bancos de macrófitas exóticas (aguapé).	0
	Ausência de vegetação aquática nativas no leito do rio.	2
	Pequenas macrófitas aquáticas nativas e/ou musgos distribuídos pelo rio.	3
	Presença de formações paludosas.	5
7.Descontinuidade da mata ciliar	Descontínua com a matriz impermeável (edificações).	0
	Descontínua com a matriz pouco permeável (monocultivos, pastagens e solo exposto)	2
	Descontínua com a matriz permeável (bosques exóticos e/ou cultivos diversificados)	3
	Contínua	5
8.Largura da mata ciliar	Muito estreita ou ausente	0
	Menor que 15,0 m de largura	2
	Até 30,0 m de largura	3
	Superior a 50,0 m de largura	5

Fonte: Adaptado de Callisto et al., (2002) com base nos Protocolos da Agência de Proteção Ambiental de Ohio EUA - EPA, (1987) e Hannaford, Barbour e Resh et al., (1997).

Obs.: Para o indicador 1 foi considerado a principal atividade ao longo do transecto; para o indicador 2 no caso da existência de mais de um fator de degradação foi considerado o mais agressor, para o indicador 7 quando houve mais de uma descontinuidade foi levada em conta a mais agressora, para o indicador 8 foram tomadas algumas medidas em campo e outras medidas através do programa Google Earth Pro e, posteriormente calculada uma largura média da faixa de vegetação ciliar para o transecto (em virtude das dificuldades de caminhamento por todo o trecho).

B) O FORMATO E A DISTRIBUIÇÃO DAS UNIDADES AMOSTRAIS:

Para aplicação do protocolo hidrológico sugerido foi utilizada a estratégia de caminhamento e registro fotográfico ao longo de 10 transectos na “margem A” e 10 na “margem B”, totalizando 20 transectos analisados ao longo do trecho do Rio Sirinhaém que intercepta os engenhos São Braz e Palma localizados nas terras da Usina Trapiche (Figura 8).



Fonte: Adaptado a partir do mapa de uso do solo do SIG Caburé e imagens do programa Google Earth Pro de 18 de junho de 2015.

4 RESULTADOS

4 RESULTADOS

4.1 ANÁLISES FITOSSOCIOLÓGICAS:

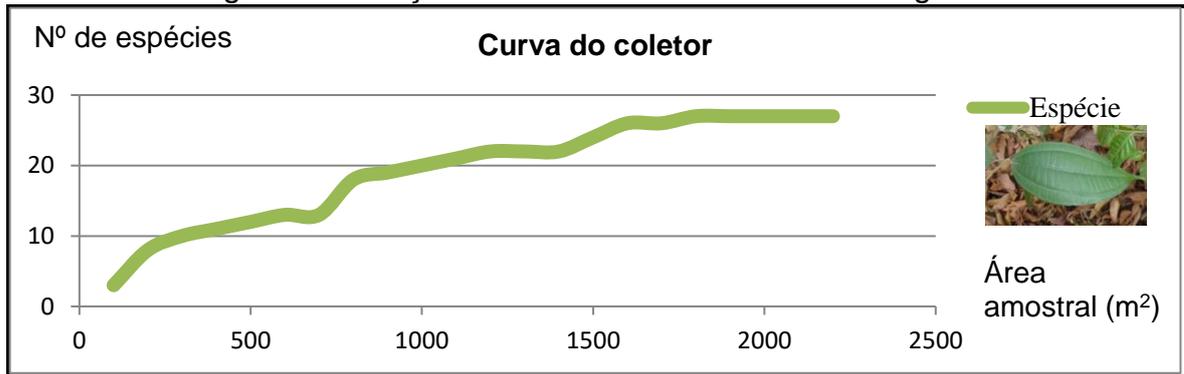
Os dados da análise fitossociológica apontam que a mata ciliar do trecho do Rio Sirinhaém analisado se apresenta predominantemente constituída por bosques monoespecíficos de *Inga edulis* Mart. com baixa diversidade botânica e, sobretudo, compostos por grupos ecológicos pioneiros, ou seja, constituídos por espécies de preenchimento com tempo de vida relativamente curto.

À vista disso, o levantamento fitossociológico revelou uma situação de vulnerabilidade da mata ciliar, evidenciada pelo baixo número de espécies nativas, apenas 21 espécies, pela má distribuição das espécies nos diferentes estratos (poucos indivíduos nas classes diamétricas superiores) e pela presença de 6 espécies exóticas. Deste modo, os dados informam a real necessidade da condução de novos plantios de enriquecimento com espécies de diversidade, sobretudo, nos trechos mais afetados pela homogeneidade ecológica.

Por outro lado, levando em conta a oferta de serviços ecológicos prestados por esses bosques para garantir o funcionamento do ecossistema ripário, certamente, acredita-se que tais indivíduos tenham cumprido em alguns trechos as funções ecológicas de contenção de erosão, sombreamento do solo e água, bloqueio de efluentes e redução do tempo de recarga. Deste modo, melhoraram consideravelmente o estado de conservação da zona ripária, principalmente, quando comparada à condição anterior (cana de açúcar).

Isto posto, ao todo foram amostrados 255 indivíduos (246 nativos e 9 exóticos), sendo que 145 correspondem à margem A e outros 110 estavam dispostos na margem B. O número total de espécies identificadas na área foi de 27 espécies como aponta a curva do coletor (Figura 9).

Figura 9: Esforço amostral das coletas fitossociológicas.

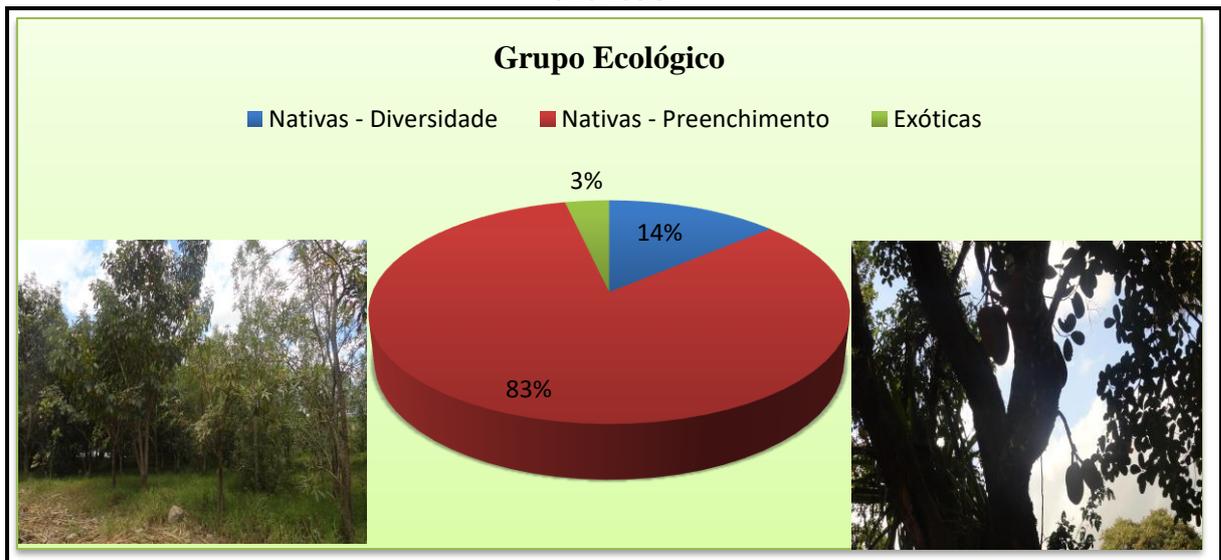


Fonte: Elaborado pelo autor.

Obs: a curva se estabilizou com 27 espécies a partir de 1.800m² amostrados (P14).

Entre as 27 espécies encontradas 21 são nativas e 6 exóticas, elas correspondem aos surpreendentes 211 indivíduos nativos de preenchimento, 35 nativos de diversidade e 9 exóticos (Figura 10).

Figura 10: Distribuição percentual das nativas conforme o grupo ecológico e exóticas.



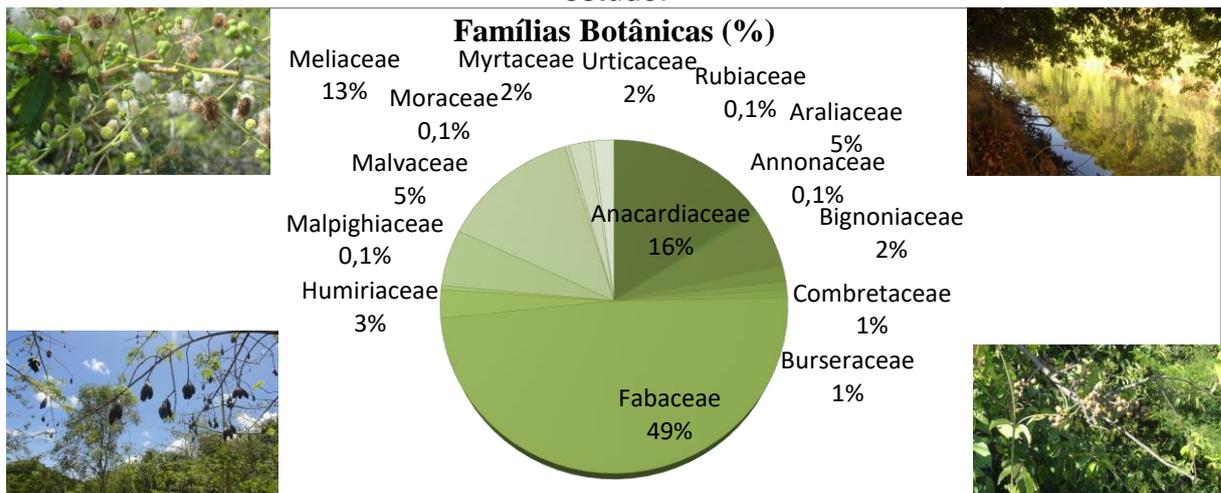
Fonte: Elaborado pelo autor.

Obs.: a imagem à esquerda representa as linhas de plantio mostrando duas linhas de preenchimento com uma linha de diversidade, enquanto que a imagem à direita mostra um indivíduo exótico de *Artocarpus heterophyllus* Lam. (Jaqueira).

Desses dados, constatou-se uma baixa densidade de espécies exóticas ($d=3,6$ ind./ha). Contudo, vale destacar que algumas dessas espécies, como *Artocarpus heterophyllus* (Jaqueira), tem grande potencial degradador da qualidade ambiental dos ecossistemas ripários por conta da sua origem alóctone muitas vezes são agressivas as espécies nativas, podendo ter um grande potencial invasor.

Do ponto de vista florístico, destacaram-se as famílias botânicas: Fabaceae representada quase na totalidade pela espécie *Inga edulis* Mart (Inga), Anacardiaceae representada em grande quantidade por indivíduos de *Tapirira guianensis* Aubl. (Cupiúba) e Meliaceae representada unicamente por indivíduos de *Guarea guidonia* (L.) Sleumer (Jitó), conforme a Figura 11.

Figura 11: Distribuição percentual das Famílias Botânicas encontradas na área do estudo.

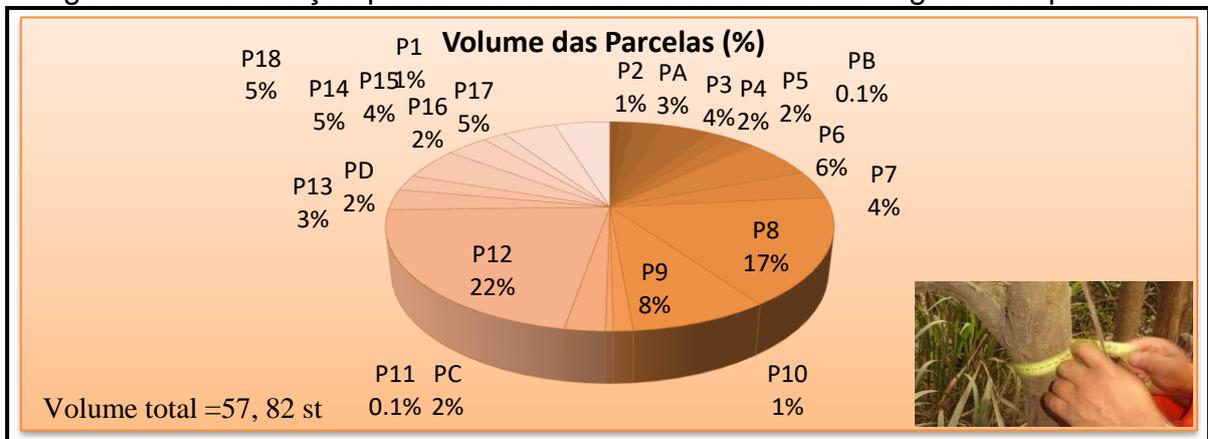


Fonte: Elaborado pelo autor.

Obs.: A imagem no canto superior esquerdo é de um representante da família Fabaceae, no inferior esquerdo destaca-se a Malvaceae, já no superior direito a Fabaceae e, no inferior direito um espécime da família Meliaceae.

Em relação ao volume da biomassa vegetal, mais precisamente em relação ao volume dos fustes, os resultados mostram que o volume de madeira é superior nas parcelas P12, P8 e P9 que juntas totalizam quase metade do volume encontrado (Figura 12).

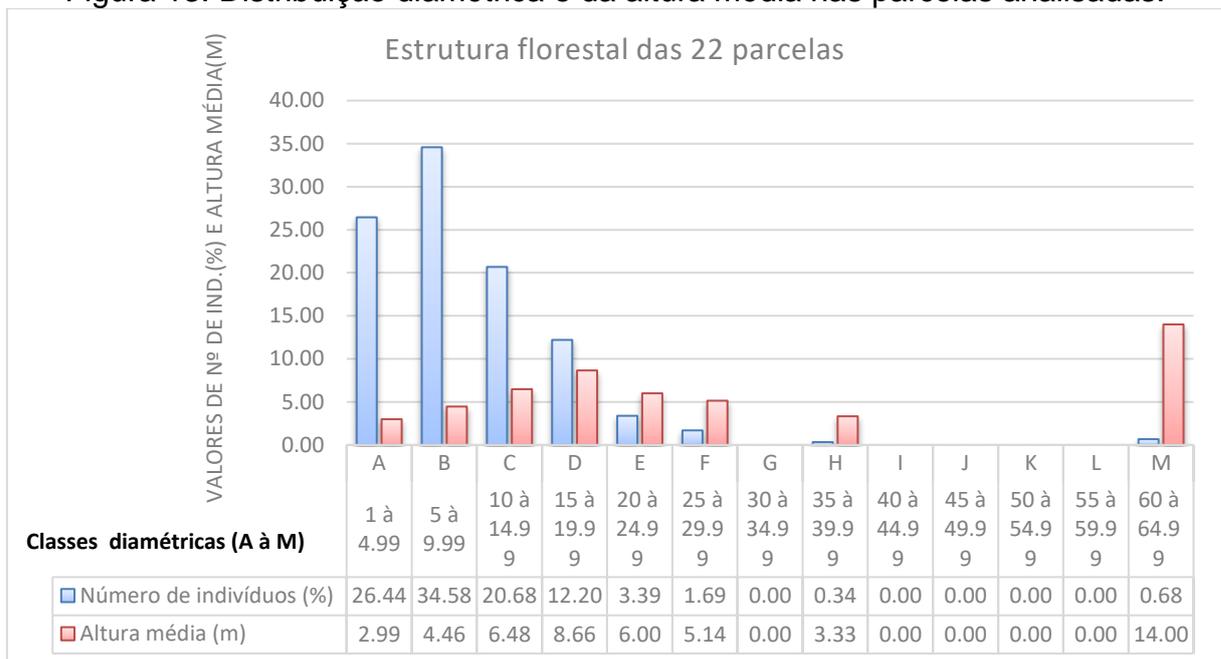
Figura 12: Distribuição percentual do volume da biomassa vegetal das parcelas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Em geral, ao longo do trecho analisado, encontrou-se maior número de indivíduos nas classes diamétricas iniciais, ainda para algumas classes superiores não foram contabilizados nenhum indivíduo. Em relação à altura média que também está relacionada ao crescimento ontogenético que varia conforme a espécie, pode-se afirmar que no trecho estudado houve comportamentos distintos entre as classes diamétricas, com crescimento, decrescimento e novamente crescimento (Figura 13).

Figura 13: Distribuição diamétrica e da altura média nas parcelas analisadas.



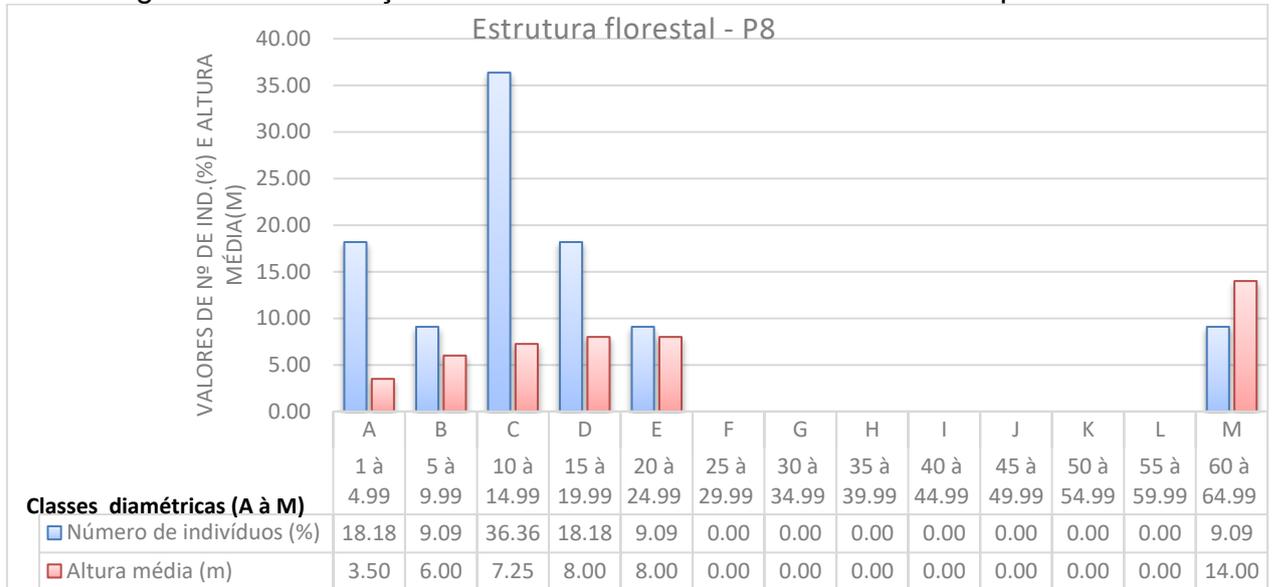
Fonte: Elaborado pelo autor.

Especificamente, dentre as parcelas, o maior destaque volumétrico de P8 e P12 (Figura 12), explica-se pelo fato destas parcelas possuírem indivíduos mais robustos em altura e/ou largura que influenciou no desempenho volumétrico das citadas parcelas. Para entender melhor basta observar as classes diamétricas e as alturas médias por classe coletados nas respectivas parcelas (Figura 14 a 15).

Nestas figuras também é possível observar o recrutamento dos indivíduos regenerantes, ou seja, das menores classes diamétricas. Nota-se noutras parcelas que boa parte dos volumes é constituído por regenerantes este fato acaba influenciando claramente no resultado da volumetria. Vale salientar que na primeira classe diamétrica se encontram todos os indivíduos regenerantes com CAP abaixo de 15 cm, mensurados com base no critério já mencionado na metodologia. Estes dados,

em analogia com o Índice RFV, informam sobre a qualidade do ecossistema ripário na sua dimensão temporal, ou seja, se ao longo do tempo a floresta está conseguindo atrair novos exemplares para manutenção dos processos ecológicos.

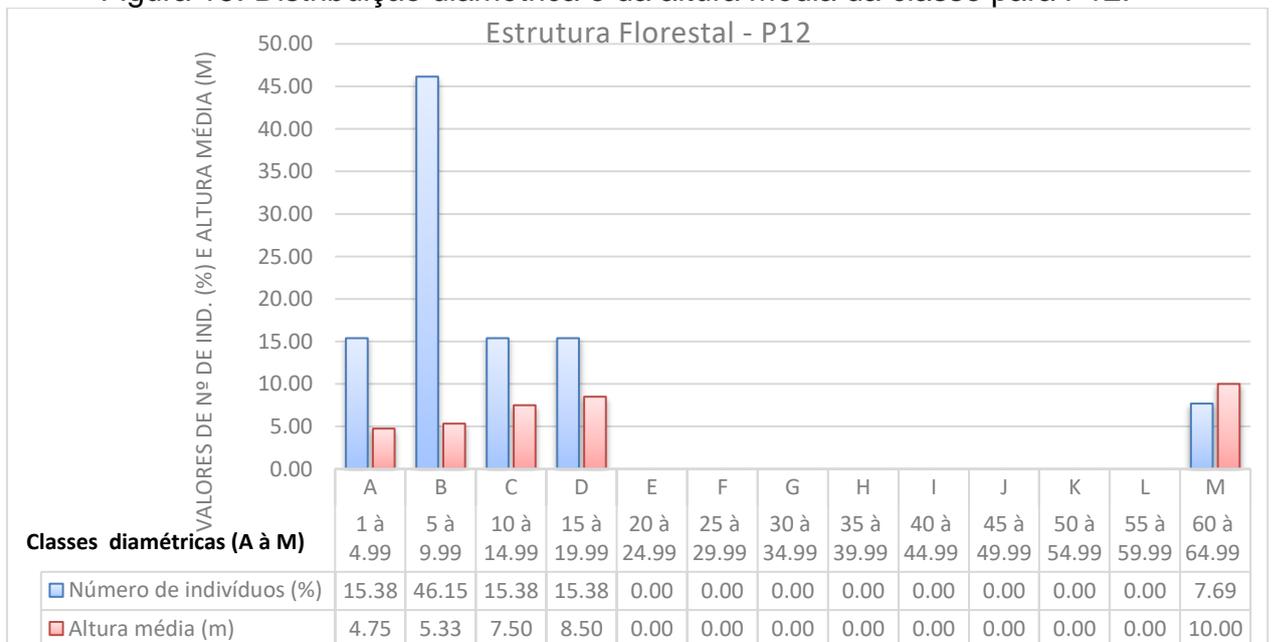
Figura 14: Distribuição diamétrica e da altura média da classe para P8.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Obs.: A parte, na última classe um robusto indivíduo de *Spondias mombin* L. (Cajá), neste caso a altura é absoluta porque só tinha um indivíduo na classe correspondente.

Figura 15: Distribuição diamétrica e da altura média da classe para P12.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Obs.: A parte na última classe um robusto indivíduo de *Artocarpus heterophyllus* Lam. (Jaqueira), neste caso a altura é absoluta porque só tinha um indivíduo na classe correspondente.

Os principais resultados obtidos para as espécies nativas após a aplicação do Protocolo do Pacto e as devidas análises fitossociológicas são descritos na Tabela 4:

Tabela 4 – Resultado dos principais parâmetros fitossociológicos obtidos a partir da aplicação do Protocolo do Pacto.

Nome Comum	Nome Científico	Nº de plantas	Nº de parcelas	g (m ²)	Densidade Absoluta	Densidade Relativa (%)	Frequência Absoluta	Frequência Relativa (%)	Dominância Absoluta	Dominância Relativa (%)	Valor de Cobertura (%)	Valor de Importância (%)
Murici	<i>Byrsonima sericea</i>	1	1	0.00258	1.0	0.41	4.55	1.37	0.0026	0.09	0.25	0.62
Embaúba	<i>Cecropia pachystachya</i>	5	5	0.04404	5.0	2.03	22.73	6.85	0.0440	1.58	1.81	3.49
Paineira	<i>Chorisia speciosa</i>	9	2	0.14646	9.0	3.66	9.09	2.74	0.1465	5.26	4.46	3.89
Rabo de Bugio	<i>Dalbergia ecastaphyllum</i>	3	1	0.05568	3.0	1.22	4.55	1.37	0.0557	2.00	1.61	1.53
Munguba	<i>Eriotheca crenulaticalyx</i>	3	2	0.02765	3.0	1.22	9.09	2.74	0.0276	0.99	1.11	1.65
Genipapo	<i>Genipa americana</i>	1	1	0.00013	1.0	0.41	4.55	1.37	0.0001	0.00	0.21	0.59
Jitó	<i>Guarea guidonia</i>	34	11	0.08166	34.0	13.82	50.00	15.07	0.0817	2.93	8.38	10.61
Ingá	<i>Inga edulis</i>	113	20	1.75462	113.0	45.93	90.91	27.40	1.7546	62.98	54.46	45.44
Alagadiço	<i>Mimosa bimucronata</i>	4	2	0.05078	4.0	1.63	9.09	2.74	0.0508	1.82	1.72	2.06
Espinheiro Santo	<i>Mimosa sp.</i>	4	1	0.02629	4.0	1.63	4.55	1.37	0.0263	0.94	1.28	1.31
Amescla de Cheiro	<i>Protium heptaphyllum</i>	2	1	0.00612	2.0	0.81	4.55	1.37	0.0061	0.22	0.52	0.80
Goiaba	<i>Psidium guajava</i> <i>Saccoglottis</i>	2	2	0.00322	2.0	0.81	9.09	2.74	0.0032	0.12	0.46	1.22
Oiti de Morcego	<i>matogrossensis</i>	7	3	0.03101	7.0	2.85	13.64	4.11	0.0310	1.11	1.98	2.69
Sambaquim	<i>Schefflera morototoni</i>	14	4	0.03762	14.0	5.69	18.18	5.48	0.0376	1.35	3.52	4.17
Aroeira Vermelha	<i>Schinus terebinthifolia</i>	4	3	0.02360	4.0	1.63	13.64	4.11	0.0236	0.85	1.24	2.19
Cajá	<i>Spondias mombin</i>	3	3	0.38174	3.0	1.22	13.64	4.11	0.3817	13.70	7.46	6.34
Craibeira	<i>Tabebuia aurea</i>	3	3	0.02795	3.0	1.22	13.64	4.11	0.0279	1.00	1.11	2.11
Ipê Amarelo	<i>Tabebuia chrysotricha</i>	1	1	0.00179	1.0	0.41	4.55	1.37	0.0018	0.06	0.24	0.61
Cupiúba	<i>Tapirira guianensis</i>	31	5	0.07969	31.0	12.60	22.73	6.85	0.0797	2.86	7.73	7.44
Caboatã-de-leite	<i>Thyrsodium spruceanum</i>	1	1	0.00096	1.0	0.41	4.55	1.37	0.0010	0.03	0.22	0.60
Embira Vermelha	<i>Xylopia frutescens</i>	1	1	0.00230	1.0	0.41	4.55	1.37	0.0023	0.08	0.24	0.62
Somatório		246			246	100	331.82	100	2.79	100	100	100

Fonte: Elaborado pelo autor.

Obs.: Onde: Área Amostral=1,0ha; Unidades Amostrais=0,01ha (parcela 4x25=100m²) e Número de Unidades Amostrais=22 parcelas.

A partir da tabela acima, reafirma-se que a espécie que mais se destacou foi *Inga edulis* Mart. Esses dados traduzem nitidamente os objetivos da condução dos plantios florestais no âmbito dos projetos de reflorestamento no Estado de Pernambuco. Neste cenário, de modo geral, pode-se inferir a existência de duas fases históricas da restauração das matas ciliares pernambucanas. Uma primeira fase, centrada, sobretudo, na utilização do gênero: *Inga* para o controle da erosão fluvial

(plantios de 2001) e, uma segunda fase focada no plantio de espécies com diversidade (plantios de 2007). Contudo, mesmo com todos os esforços de recomposição, considera-se que a riqueza de espécies encontrada no trecho estudado (21 espécies) ainda está aquém do que seria um resultado satisfatório para restauração ecológica.

4.2 ANÁLISES HIDROLÓGICAS:

As análises hidrológicas indicaram que existe, ao longo do trecho do rio investigado, muita variabilidade em relação ao estado de conservação das seções avaliadas pelo PAR. Sendo que grande parte dessas variações decorreram das intensas atividades econômicas presentes no trecho e na bacia hidrográfica como um todo. Mas, de modo geral, o PAR demonstrou ser uma ferramenta conveniente para um prévio diagnóstico do estado de conservação dos ecossistemas ripários.

Em síntese, a descontinuidade horizontal da mata ciliar e a erosão dos taludes foram, principalmente, capitaneadas pela atividade de mineração de areia, enquanto que a constatação de odores de efluentes e a largura da mata ciliar foram, especialmente, influenciadas pelo o plantio de cana-de-açúcar. Assim, ambas as atividades contribuíram negativamente para avaliação de algumas seções. Portanto, o PAR capturou uma gama de alterações ambientais decorrentes dos sistemas produtivos presentes no local.

No geral, os resultados revelaram que na margem A existem 3 subtrechos impactados, 6 possivelmente alterados e, apenas 1 natural (Tabela 5). Enquanto que na margem B, os resultados demonstraram que existem 5 subtrechos impactados, 2 possivelmente alterados e, 3 naturais (Tabela 6).

Ainda, pode-se dizer que existe uma tendência de se encontrar seções menos impactadas no sentido da jusante (leste) do trecho estudado, do que a sua montante (oeste). Além da distância dos prováveis pontos de lançamento de poluentes, acredita-se que esta situação pode estar associada, sobretudo, aos fatores limitantes dessas atividades econômicas na região mais próxima ao estuário devido ao aumento da salinidade na água e no sedimento.

Tabela 5 - Principais resultados das análises hidrológicas do PAR (Margem A)
(continua).

	Subtrechos (Trânssectos) do Rio									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
INDICADORES (I) E VERIFICARES (V)	*Margem A									
(I) Tipo de ocupação das margens do corpo d'água (principal atividade)										
(V) Pastagens, monocultivos, solo exposto, edificações de uso comercial, industrial e residencial.				0						
(V) Manchas de vegetação herbácea e/ou gramíneas										
(V) Reflorestamento apresentando extrato arbustivo- arbóreo	3	3	3		3	3	3	3	3	3
(V) Vegetação natural em estágio médio ou avançado de sucessão ecológica.										
(I) Alterações Antrópicas										
(V) Alterações de origem industrial (fábricas, canalização, retificação do curso do rio ou afluente, barramentos e lançamento de efluentes e extração de minérios)				0	0					0
(V) Sistemas de captação de água de menor porte, Lançamento de esgotos domésticos, lixo doméstico e a presença de canais de drenagem.	1							1		
(V) Alterações de origem domésticas de baixo impacto (Pontes e construção de poços comunitários para abastecimento d'água)							3			
(V) Ausente		5	5			5			5	
(I) Erosão nas margens do rio										
(V) Acentuada (embaciamentos)				0						
(V) Moderada (solapamentos eventuais)	1	1								
(V) Estabilizada (controlada pela vegetação)			3		3		3	3	3	3
(V) Ausente						5				
(I) Odor da água										
(V) Óleo/Industrial (Ex.: vinhaça, torta de filtro)				0	0					
(V) Esgoto (ovo podre)										
(V) Presença de biomassa animal ou vegetal em decomposição na lâmina d'água										3
(V) Nenhum	5	5	5			5	5	5	5	
(I) Depósitos sedimentares										
(V) Depósitos aluviais no leito do rio (assoreamento).										
(V) Depósitos aluviais nas margens do rio com vestígios de solapamento	1		1	1	1					1
(V) Depósitos aluviais extravasando as margens do rio sem vestígios de solapamento										
(V) Depósitos aluviais nas margens do rio decorrentes do transporte natural dos sedimentos ou ausentes		5				5	5	5	5	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 5 - Principais resultados das análises hidrológicas do PAR (Margem A)
(Conclusão).

INDICADORES (I) E VERIFICARES (V)	Subtrechos (Trânsectos) do Rio									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
	*Margem A									
(I) Presença de plantas aquáticas										
(V) Presença de grandes bancos de macrófitas exóticas (aguapé)		0								
(V) Ausência de vegetação aquática nativas no leito do rio.	1		1	1	1	1	1	1	1	
(V) Pequenas macrófitas aquáticas nativas e/ou musgos distribuídos pelo rio.										
(V) Presença de formações paludosas										5
(I) Descontinuidade da mata ciliar										
(V) Descontínua com a matriz impermeável (edificações, estradas)				0			0			
(V) Descontínua com a matriz pouco permeável (monocultivos, pastagens e/ou solo exposto)	1				1					
(V) Descontínua com a matriz permeável (Regeneração natural, bosques exóticos e/ou cultivos diversificados)								3		
(V) Contínua		5	5			5			5	5
(I) Largura da mata ciliar										
(V) Menor que 8,0m				0						
(V) Entre 8,0 e 15,0 m de largura										
(V) Superior a 15,0m e menor ou igual a 30,0 m de largura	3		3						3	3
(V) Superior a 30,0 m de largura		5			5	5	5	5		
Total	16	29	26	2	14	34	25	26	30	23
Estado	IMPACTADO	ALTERADO	ALTERADO	IMPACTADO	IMPACTADO	NATURAL	ALTERADO	ALTERADO	ALTERADO	ALTERADO

Fonte: Elaborado pelo autor.

Obs.: *A Margem A é a margem do rio que beira o centro da Cidade de Sirinhaém.

Os resultados da tabela acima mostram que o único subtrecho (trânsecto) considerado natural foi o T6. Desta forma, fazendo um comparativo com os dados fitossociológicos do início e do final do T6 (P5 a PB), respectivamente, observa-se que os indivíduos do início do transecto estão distribuídos nas 4 classes diamétricas iniciais, sendo 18,18% na A, 36,36% na B, 18,18% na C e 27,27% na D. Já os do final do transecto, ocupam apenas duas classes diamétricas: sendo 87,50% na A e 12,50% na C. Então, esses últimos dados indicam uma forte presença de indivíduos regenerantes. A partir dessas informações, pode-se inferir que os processos de sucessão ecológica estão agindo sob T6, mas, por não pertencerem ao grupo de espécies de diversidade os indivíduos de espécies de cobertura não conseguem

atingir as classes diamétricas superiores (mesmo após 15 anos da implantação do plantio).

Tabela 6 - Principais resultados das análises hidrológicas do PAR (Margem B)
(continua).

INDICADORES (I) E VERIFICARES (V)	Subtrechos (Trânssectos) do Rio									
	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20
*Margem B										
(I) Tipo de ocupação das margens do corpo d'água (principal atividade)										
(V) Pastagens, monocultivos, solo exposto, edificações de uso comercial, industrial e residencial		0							0	0
(V) Manchas de vegetação herbácea e/ou gramíneas										
(V) Reflorestamento apresentando extrato arbustivo- arbóreo			3	3	3	3	3	3		
(V) Vegetação natural em estágio médio ou avançado de sucessão ecológica	5									
(I) Alterações Antrópicas										
(V) Alterações de origem industrial (fábricas, canalização, retificação do curso do rio ou afluente, barramentos e lançamento de efluentes e extração de minérios)		0					0		0	0
(V) Sistemas de captação de água de menor porte, Lançamento de esgotos domésticos, lixo doméstico e canais de drenagem.										
(V) Alterações de origem domésticas de baixo impacto (Pontes e construção de poços comunitários para abastecimento d'água)					3			3		
(V) Ausente	5		5	5		5				
(I) Erosão nas margens do rio										
(V) Acentuada (embaciamentos)									0	0
(V) Moderada (solapamentos eventuais)		1			1	1		1		
(V) Estabilizada (controlada pela vegetação)	3		3	3			3			
(V) Ausente										
(I) Odor da água										
(V) Óleo/Industrial (Ex.: vinhaça, torta de filtro)							0	0	0	
(V) Esgoto (ovo podre)										
(V) Presença de biomassa animal ou vegetal em decomposição na lâmina d'água	3									
(V) Nenhum		5	5	5	5	5				5

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 6 - Principais resultados das análises hidrológicas do PAR (Margem B)
(Conclusão).

INDICADORES (I) E VERIFICARES (V)	Subtrechos (Transectos) do Rio									
	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20
*Margem B										
(I) Depósitos sedimentares										
(V) Depósitos aluviais no leito do rio (assoreamento).									0	0
(V) Depósitos aluviais nas margens do rio com vestígios de solapamento		1					1	1		
(V) Depósitos aluviais extravasando as margens do rio sem vestígios de solapamento						3				
(V) Depósitos aluviais nas margens do rio decorrentes do transporte natural dos sedimentos ou ausentes	5		5	5	5					
(I) Presença de plantas aquáticas										
(V) Presença de grandes bancos de macrófitas exóticas (aguapé)										0
(V) Ausência de vegetação aquática nativas no leito do rio.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
(V) Pequenas macrófitas aquáticas nativas e/ou musgos distribuídos pelo rio.										
(V) Presença de formações paludosas										
(I) Descontinuidade da mata ciliar										
(V) Descontínua com a matriz impermeável (edificações, estradas)					0			0		
(V) Descontínua com a matriz pouco permeável (monocultivos, pastagens e/ou solo exposto)		1					1		1	1
(V) Descontínua com a matriz permeável (Regeneração natural, bosques exóticos e/ou cultivos diversificados)										
(V) Contínua	5		5	5		5				
(I) Largura da mata ciliar										
(V) Menor que 8,0m		0							0	0
(V) Entre 8,0 e 15,0 m de largura										
(V) Superior a 15,0m e menor ou igual a 30,0 m de largura								3		
(V) Superior a 30,0 m de largura	5		5	5	5	5	5			
Total	32	9	32	32	23	28	14	12	2	6
Estado	NATURAL	IMPACTADO	NATURAL	NATURAL	ALTERADO	ALTERADO	IMPACTADO	IMPACTADO	IMPACTADO	IMPACTADO

Fonte: Elaborado pelo o autor.

Obs.: *A margem B é a margem do rio que beira a sede da Usina Trapiche.

A partir dos dados da tabela acima em comparação com os resultados fitossociológicos tecem-se os seguintes comentários. Na Margem B foram encontrados mais subtrechos naturais do que na Margem A. Por outro lado, também foram detectados mais subtrechos impactados em relação à Margem A.

Neste sentido, o subtrecho (Trânsecto) T11 foi considerado natural, mas, os dados fitossociológicos dos pontos P10 e P11 não representaram na íntegra a sua fitofisionomia. Isso aconteceu porque as parcelas amostradas não estavam dispostas sobre o fragmento florestal (Pedra do Cão) do referido subtrecho. Mesmo assim, aparentemente é o local com melhor desempenho quanto à diversidade florística.

No que diz respeito ao subtrecho T13 foram encontrados em PC (ponto inicial) indivíduos de espécies de cobertura nas 4 primeiras classes diamétricas. Já no ponto P12 (final do T13 e início de T14) foram identificados além de indivíduos nativos e exóticos nas 4 classes iniciais, um indivíduo exótico de Jaqueira na última classe.

Por seu turno, no subtrecho T14 existem espécies exóticas no P12 (início de T14) e constatou-se a presença de indivíduos de diversidade e de cobertura nas classes A, C e D no P13 (final de T14). Isto posto, acredita-se que com o passar do tempo essas espécies de diversidade poderão ingressar nas classes diamétricas superiores.

A seguir são apresentados os principais achados que influenciaram no preenchimento dos verificadores do PAR. A partir desses registros fotográficos os técnicos de campo das agências ambientais e/ou florestais encontrarão mais um subsídio para aplicação do protocolo proposto nesta presente pesquisa.

Figura 16 A – Abertura da Parcela (P1), conforme a metodologia do Pacto.



Fonte: Iran Vasconcelos, 2015.

Figura 16 B – Solapamento eventual na Parcela (P1), início do Trânssecto 1.



Fonte: Iran Vasconcelos, 2015.

A partir das figuras acima para o indicador (erosão nas margens do rio) destaca-se que no T1, por exemplo, considerou-se a opção de solapamentos eventuais uma vez que os processos erosivos não foram contínuos ao longo do transecto, apenas pontual, em P1 (Figuras 16 A e B).

Figura 17 A - depósitos aluviais nas margens do rio no T14.



Fonte: Autor, 2015.

Figura 17 B – Depósitos no leito do rio, assoreamento no T20.



Fonte: Autor, 2015.

Nestas últimas imagens das Figuras 17 A e B, observa-se o indicador (depósitos sedimentares). Assim, respectivamente, na primeira imagem evidenciou-se o verificador (depósitos aluviais nas margens do rio decorrentes do transporte natural dos sedimentos ou ausentes), já na segunda identificou-se uma condição mais crítica com o verificador (depósitos aluviais no leito do rio: assoreamento).

Todavia, vale salientar que a presença do banco de areia nesta parte do canal pode ter sido influenciada pelos intensos processos erosivos provocados pela atividade de dragagem de areia no referido transecto e, também, por fatores naturais. Isso porque na margem oposta ao talude erodido (Figura 17 B) foi identificado um pequeno riacho que pode contribuir para o transporte e a deposição de sedimentos neste local.

Figura 18 A - ETA Camboinha da COMPESA no T1.



Fonte: Autor, 2015.

Figura 18 B – Local da captação d'água no T1.



Fonte: Autor, 2015.

Prosseguindo a análise interpretativa das imagens, desta feita, quanto ao indicador (alterações antrópicas), conforme destacado nas figuras acima foi verificado a presença de um sistema de captação de água de menor porte no T1 (Figuras 18 A e B).

Ainda convém destacar que a Estação de Tratamento da Água (ETA) da Companhia Pernambucana de Saneamento do Estado de Pernambuco (COMPESA) foi a única alteração antrópica existente nesta seção. Por outro lado, quando persistia mais de um tipo de alteração antrópica por transecto era levado em consideração no momento do preenchimento desse indicador o verificador que detinha a alteração mais agressiva ao meio natural (o mais negativo).

Figura 19 A - Trecho descontinuo da mata ciliar no T5.



Fonte: Autor, 2015.

Figura 19 B – População de *Mimosa bimucronata* (Alagadiço) no T5.



Fonte: Autor, 2015.

Sobre o indicador (descontinuidade da mata ciliar), exemplificado na Figura 19 A, é nítida a ruptura da continuidade horizontal da mata ciliar. Assim, foi diagnosticado para essa seção do rio o verificador (descontínua com a matriz pouco permeável: monocultivos, pastagens e/ou solo exposto). Contudo, é importante frisar que a espécie *Mimosa bimucronata* (Alagadiço) vem contribuindo para a cobertura do solo. Além disso, acredita-se que essa espécie não tenha sido plantada no local, mas acabou se estabelecendo naturalmente nas margens degradadas, principalmente, em T5 (Figura 19 B).

De modo geral em relação a esse indicador, pode-se inferir que as maiores descontinuidades foram encontradas nas áreas não reflorestadas e com a presença acentuada de fatores de degradação como, por exemplo, em T4 pode-se citar as peculiaridades da área urbana da Cidade de Sirinhaém com várias edificações, inclusive, a sede da empresa de dragagem. Ainda, os transectos T7, T15 e T18 que foram interceptados por estradas, por isso, considerados descontínuos.

Ademais, ainda destacam-se negativamente os transectos T12, T17, T19 e T20 por conta descontinuidade da mata ciliar provocada pela presença dos plantios de cana de açúcar na zona ripária (cana ciliar).

Figura 20 A – Fertirrigação do plantio com vinhaça na Usina Trapiche.



Fonte: Autor, 2015.

Figura 20 B - Canal de drenagem do plantio no T8.



Fonte: Autor, 2015.

Em relação a alguns aspectos da atividade produtiva da Usina Trapiche, de modo geral, no verão foi evidenciado o reuso da água e nutrientes por meio da atividade de fertirrigação dos plantios conforme a Figura 20 A. Em contrapartida, durante o inverno os plantios localizados nos baixios podem acumular bastante água,

em vista disso, são construídos canais de drenagem para evitar inundações desses plantios, por exemplo, o canal da Figura 20 B.

Desfavoravelmente, de tal forma, isso coloca em risco os corpos receptores dessa drenagem proveniente dos plantios. Portanto, para o T8 este fato foi considerado relevante para o preenchimento do PAR.

Figura 21 A - Ingazeiras no T3.



Fonte: Autor, 2015.

Figura 21 B - Ingazeiras no T6.



Fonte: Autor, 2015.

Do ponto de vista ecológico, indubitavelmente, a espécie *Inga edulis* Mart. aparenta ser de grande importância para a manutenção do equilíbrio zona ripária. Desta forma, observou-se em muitas situações que os troncos das ingazeiras devido a fatores como (a inclinação da margem e a competição por luminosidade) se debruçavam sobre o canal natural, proporcionando habitats sombreados e auxiliando na aeração das águas por fornecerem rugosidade a passagem das correntes, formando assim as zonas turbulentas (Figuras 21 A e B).

Figura 22 A - Vegetação Paludosa, Aningas no T10.



Fonte: Autor, 2015.

Figura 22 B - Solapamento do talude Desprotegido no T10.



Fonte: Autor, 2015.

Outra espécie que devido aos seus atributos ecológicos parecer ser indispensável para restauração dos processos hidrogeomorfológicos da zona ripária é a *Montrichardia linifera* (Arruda) Schott, comumente, conhecida por Aninga (Figura 22 A).

Visivelmente é perceptível a contenção da erosão por meio da proteção do solo (barranco) no local onde foi constatada a presença dessa formação paludosa. Então, neste ambiente, populações de Aninga prestam serviços ambientais de controle da erosão, pois sem essa barreira protetora o barranco fica exposto às ações erosivas e, conseqüentemente, acaba solapando. Esse fenômeno acontece porque os sistemas de raízes não conseguem sustentar continuamente o torrão (Figura 22 B) e/ou as próprias árvores ao tombarem sobre o canal arrastam o solo consigo.

Portanto, conforme foi visualizado em campo, a Aninga age no controle do sedimento tanto impedindo a erosão quanto auxiliando para que os sedimentos transportados pelos rios fiquem depositados nas áreas marginais onde existe esse tipo de vegetação paludosa.

Figura 23 A - Fragmento florestal natural, não reflorestado, T11- Pedra do Cão.



Fonte: Autor, 2015.

Figura 23 B - Afloramento rochoso no T11, margeando o Rio Sirinhaém.



Fonte: Autor, 2015.

A partir das visualizações das Figuras 23 A e B, pode-se afirmar que se trata do único fragmento florestal, ao longo de todo o trecho estudado, aparentemente em bom estágio de conservação. Neste a vegetação é relativamente densa, mesmo, sobre material rochoso. Acredita-se que esta área foi conservada devido aos atributos geológicos que dificultaram o avanço do monocultivo de cana.

Embora não muito grande em área com aproximadamente 30,0 ha, essa matriz altamente permeável pode servir como ecossistema de referência para dados

florísticos, pois pode abrigar uma porção significativa da biodiversidade local. Podendo assim, funcionar como uma ilha dispersora de propágulos e/ou sementes.

Figura 24 A - Depósitos aluviais no T16 sob a mata ciliar.



Fonte: Iran Vasconcelos, 2015.

Figura 24 B – Detalhe do banco de areia no T16.



Fonte: Autor, 2015.

Com vistas nas imagens das figuras 24 A e B é claramente perceptível que se tratar de um caso particular de extravasamento do leito regular culminando com a deposição de sedimentos e formação das manchas aluviais sob a densa mata ciliar. Dessa forma, considera-se que neste subtrecho a vegetação formada por indivíduos com estrato arbóreo conseguiu conter o sedimento.

Ademais, estima-se que esse banco de areia apontado nas Figuras 24 A e B possui uma camada de aproximadamente um metro de altura na direção da beira do rio. Sobre a origem desse material, cogita-se que seja decorrente do transporte natural do rio com base na disposição meândrica do mesmo neste local, a considerável altura do talude (4,0 m) neste ponto, a existência de uma camada de serapilheira e a presença de regenerantes sobre o banco.

Portanto, sugere-se que a deposição tenha ocorrido nas cheias extremas que atingiram a mata sul pernambucana em 2010, dessa forma, esse verificador informou indiretamente a ausência da mata ciliar em boa parte da bacia hidrográfica.

Figura 25 A - Atividade de extração de areia no T5.



Fonte: Autor, 2015.

Figura 25 B – Atividade de extração de areia no T10.



Fonte: Autor, 2015.

Outra questão preocupante é a retirada irregular de areia nas margens do Rio Sirinhaém (Figuras 25 A e B). Essa atividade é totalmente conflitante com as ações de restauração do ecossistema ripário. Sendo responsável em grande parte pelos processos erosivos marginais ao longo do baixo Sirinhaém.

Por tal motivo, considera-se a mais desastrosa variável interveniente que vem alterando a qualidade do Rio Sirinhaém e, deste modo, afetando os resultados dessa corrente pesquisa. Além disso, o processo de transporte da areia através da navegação também provoca impactos nas margens por meio do surgimento de marolas que contribui para erosão marginal.

Na verdade a retirada desse fator de degradação mitigaria em parte os impactos ambientais na zona ripária. Neste sentido, desde 2008, a Usina Trapiche vem alegando que por conta dessa atividade degradadora resolveu cessar os investimentos em reflorestamento de Mata ciliar.

Figura 26 A - Barramento do Rio Tapiruçu próximo a sede da Usina Trapiche.



Fonte: Autor, 2015.

Figura 26 B – Encontro do Rio Tapiruçu com o Rio Sirinhaém no final do T17.



Fonte: Autor, 2015.

Em relação ao uso da água no trecho analisado, o principal afluente do Rio Sirinhaém é o Rio Tapiruçu que é barrado próximo a Usina Trapiche conforme a Figura 26 A, em seguida sua água é utilizada nos processos produtivos, por exemplo, na lavagem da cana que vem do campo com bastante areia.

Após atravessar essa área industrial o Tapiruçu encontra o Sirinhaém no final do T17 e início de T18 (Figura 26 B). Neste ponto foi percebido um forte odor nas águas vindas do Tapiruçu, além de uma nítida pluma de poluentes indicada pela seta da Figura 26 B. Diante do exposto, acredita-se que existem fortes indícios de lançamento de efluentes Industriais provenientes do processamento da cana-de-açúcar.

A vista disso, pode-se dizer que o indicador (odor da água) através dos respectivos verificadores capturaram informações relevantes sobre uma provável existência de efluentes químicos industriais e/ou esgotos domésticos poluindo o corpo hídrico. A seguir, as próximas figuras elencam alguns subprodutos da atividade canavieira que foram encontrados em campo.

Figura 27 A - Usina Trapiche, lagoa com resíduos da lavagem da cana.



Fonte: Autor, 2015.

Figura 27 B – Canal de Vinhaça no T17.



Fonte: Autor, 2015.

Na área de estudo, comumente foi visualizado a ausência de um mecanismo mais eficiente para armazenamento e transporte de subprodutos perigosos. Por exemplo, nas Figuras 27 A e B é claramente visível que, respectivamente, na lagoa com resíduos da lavagem da cana e no canal de vinhaça a inexistência de manta impermeabilizadora do solo.

Figura 28 A - Canal sem revestimento, mas ganha manta próximo as margens, T18. Figura 28 B – Lagoa com torta de filtro. próxima ao T19.



Fonte: Autor, 2015.

Fonte: Autor, 2015.

Contudo vale destacar que quando o canal da vinhaça se aproxima das margens do rio, este ganha uma cobertura com uma manta impermeabilizadora (Figura 28 A). Já a torta de filtro contida na lagoa de efluente (Figura 28 B) também pode contaminar o solo (infiltração) e o próprio corpo hídrico, uma vez que se encontrava muito próxima da margem do rio em T19.

Figura 29 A - Macrofitas aquáticas, indicador do excesso de nutrientes no T2. Figura 29 B – Macrófitas aquáticas, indicador do excesso de nutrientes no T20



Fonte: Autor, 2015.

Fonte: Autor, 2015.

As macrófitas aquáticas foram representadas por indivíduos de *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms (Aguapé ou Baronesa) no T2 e no T20 (Figuras 29 A e B). Normalmente, o aumento da densidade dessa espécie de planta aquática sobre a lâmina d'água está associado ao excesso de nutrientes no corpo aquático. Portanto, é uma bioindicadora do estado trófico do meio, dessa forma, indicando a má qualidade da água.

Figura 30 A - Trechos com “cana ciliar” no T12.



Fonte: Autor, 2015.

Figura 30 B – Trechos com “cana ciliar” no T19 e T20.



Fonte: Autor, 2015.

Finalmente, quanto ao indicador possivelmente mais relacionado à estrutura lateral da mata ciliar aqui denominado de largura da mata ciliar, os dados de T12, T19 e T20 apontaram a ausência ou estreitamento da vegetação protetora na maior parte desses subtrechos (Figuras 30 A e B). Nestas áreas, conseqüentemente, após solapar a mata ciliar a erosão vem avançando intensamente sobre a “cana ciliar”.

De modo geral, nesta tentativa de compreender melhor o estado do curso d’água, sugestivamente, o PAR se apresenta como uma ferramenta análoga as matrizes de impactos ambientais, avaliando os impactos positivos e negativos do ribeiro. Contudo, diferentemente, as matrizes são preenchidas por especialistas com objetivo de identificar previamente os prováveis impactos da implantação de um empreendimento. Já no PAR qualquer técnico da área ambiental poderá aplicá-lo sem dificuldades para monitorar o estado de conservação de um rio.

Assim, a utilização de protocolos ou índices de avaliação da qualidade de corpos d’água é um instrumento imprescindível para auxiliar os gestores dos recursos hídricos na tomada de decisão quanto à necessidade da implementação ou aperfeiçoamento de projetos de restauração do ecossistema ripário.

Por último, destaca-se que para uma recuperação completa do corpo d’água, sugere-se que tais projetos de restauração contemplem uma maior extensão da bacia e/ou microbacia hidrográfica, a unidade fundamental para o planejamento dos recursos hídricos.

5 DISCUSSÃO

5 DISCUSSÃO

Nesta pesquisa, apresentou-se um total de 21 espécies nativas que foram identificadas na zona ripária de um trecho do Rio Sirinhaém compreendido entre os engenhos São Brás e Palma. Em comparação com os dados de monitoramento florístico da CPRH realizados na Usina Trapiche nos Engenhos (Buranhém, Jaciru Alto, Jaciru Baixo, São Brás, Rosário e Palma) atestaram, em média, o plantio de apenas 26 espécies e, mesmo assim, a diversidade foi considerada “boa” (CPRH, 2011).

Por outro lado, Da Silva et al. (2012) ao estudarem um fragmento florestal conservado com 272 ha de Mata Atlântica no Engenho Buranhém, identificaram 118 espécies na mata ciliar do Córrego Labareda que deságua no Rio Sirinhaém. Portanto, tal estimativa de riqueza de espécie poderia servir como referência para aprovação e condução de projetos de restauração ecológica da zona ripária no médio e baixo Sirinhaém (Bioma Mata Atlântica). Então, conclui-se que nem 26 nem tampouco 21 representam um valor tangível a condição de referência, ou seja, uma condição próxima a natural.

A partir deste entendimento pode-se citar o exemplo do Estado de São Paulo, cujo valor de riqueza é semelhante a uma condição natural. Lá é praticado para fins de restauração um total de 100 espécies regionais. Deste modo, foram restaurados 260 ha nas APPs das usinas de açúcar e álcool com pleno sucesso (SMA, 2002).

Ainda, de outro modo, cabe destacar que nem todos os atributos de florestas naturais maduras podem ser utilizados como metas para projetos de restauração, porque muitos são imprevisíveis e, por isso, não devem ser utilizados nem mesmo como referência para representar o conjunto de florestas naturais da região (SUGANUMA et al., 2013).

Isto posto, fazendo um comparativo com outros trabalhos, ressalta-se a importância biológica das espécies que foram apresentadas na Tabela 4. De tal modo, destaca-se pela dominância relativa (62.98%) de *Inga edulis* Mart ("Ingazeira") no trecho estudado. Para Holanda et al. (2005) ela é uma árvore semi-decídua, heliophyte, hygrophyla seletiva, comumente encontrada em zonas húmidas e bastante densas próximo aos manguezais. Coincidentemente, aqui também foram encontradas densas ingazeiras próximas ao estuário (P9).

Além de *Inga edulis* Mart. Holanda et al. (2005) também citam para um trecho do Rio São Francisco no Estado de Sergipe, *Montrichardia linifera* (Arruda) Schott e *Mimosa* sp. Sendo que esta Fabaceae fora utilizada como protetora de talude pela população ribeirinha e, também, é a mais comum a montante do trecho. Já *Inga edulis* e *Montrichardia linifera* foram encontradas densamente, oferecendo uma boa proteção para as margens do rio.

Semelhantemente, os resultados da presente pesquisa estão em congruência com os dados supracitados. Por exemplo, o Inga, *Inga edulis* Mart., além de contribuir com matéria orgânica alóctone para o rio, demonstrou ser uma excelente protetora de solo, sombreadora das águas, e quando debruçadas sobre o canal auxilia na oxigenação das águas criando zonas turbulentas (aumentando a rugosidade do canal).

Já *Mimosa bimucronata* (DC.) Kuntze (Alagadiço) parece desempenhar função de proteção dos barrancos, pois se estabelecem nas áreas degradadas (com solo exposto) promovendo a restauração da cobertura florestal rapidamente. Do ponto de vista da ecologia, “Alagadiço ocorre principalmente na Mata Atlântica, nas várzeas e beiras de regatos sujeitos a inundações periódicas, às vezes encharcados”. Ainda, é considerada “uma espécie muito agressiva principalmente formando associações secundárias litorâneas formando densos agrupamentos” (DE GRANDE, 1981; OLIVEIRA; 1991 apud CARVALHO, 2004, p.3).

Por sua vez, a vegetação paludosa caracterizada por indivíduos de *Montrichardia linifera* (Arruda) Schott (Aninga) encontrada no T10, próximo ao mangue, demonstra ser de grande valia para a proteção dos taludes. Observou-se que ela cria uma barreira que protege as margens das correntes fluviais e, ainda, acumula bastante sedimento sobre a sua base, desta forma, ajuda a manter o sedimento próximo as margens.

A Aninga, *Montrichardia linifera*, pertence à família das Araceae, é uma macrófita aquática vastamente distribuída nas várzeas amazônicas e igualmente encontrada em diversos ecossistemas inundáveis como os igapós, margens de rios, furos e igarapés, ocorrendo também em outros estados do Brasil e até no Suriname (AMARANTE et al., 2009 apud TEIXEIRA, SIQUEIRA; CATTANIO, 2014).

Ademais, Teixeira, Siqueira e Cattanio (2014, p. 9 e 16) ainda trazem as seguintes contribuições para o entendimento da ecologia desta espécie:

A Aninga forma grandes populações às margens dos rios e igarapés, além de se distribuir socialmente pelas margens, oferecendo resistência ao escoamento das águas, é considerada uma planta pioneira por colonizar o solo nu das margens dos rios [...] Sabe-se que as matas ciliares, onde estão inseridas as espécies de Aninga, funcionam como uma barreira natural, tendo como uma de suas funções a de conter os processos erosivos, pois funcionam como uma barreira a força das águas e das marolas, como também evitam que os sedimentos oriundos da erosão se depositem no leito do rio, o que levaria a diminuição de seu volume. Em virtude disto, as áreas com Aninga, localizadas na área de abrangência do rio, evitam a chegada das ondas nas margens dos rios e retêm maiores quantidades de sedimentos em comparação com as áreas onde não existe a Aninga.

Em visita ao “Furo de Breves” na Ilha do Marajó, Estado do Pará, também podemos observar esse fenômeno conforme a imagem abaixo (Figuras 31 A e B).

Figura 31 A - *Montrichardia linifera* (Aninga) no Furo de Breves – PA.



Fonte: Autor, 2016.

Figura 31 B - *Montrichardia linifera* no Furo de Breves – PA.



Fonte: Autor, 2016.

Na mesma ocasião, em visita a baía da Cidade de Portel, Estado do Pará, observa-se a constante erosão associada a ausência de Aninga (Figuras 32 A e B) e devido, sobretudo, ao elevado volume d'água (cerca de 10 Km de diâmetro).

Figura 32 A - Erosão na baía de Portel, Estado do Pará.



Fonte: Autor, 2016.

Figura 32 B - Erosão na baía de Portel – PA



Fonte: Autor, 2016.

Londe e Silva (2014) citam um outro parâmetro biológico para avaliar o estado de conservação de um rio, por sua vez, a grande quantidade de gramíneas exóticas sobre as margens dos rios é apontada como um indicador de degradação das zonas ribeirinhas, porque são menos eficientes na prevenção da erosão do que é a vegetação típica ribeirinha.

Quanto a esse bioindicador, vale salientar que não foram diagnosticadas grandes infestações por gramíneas exóticas no trecho aqui analisado. Acredita-se que o atual estrato da vegetação nos trechos reflorestados tenha contribuído para inibição do crescimento de tais espécies por meio do processo de sombreamento.

Sobre a interação solo-planta, Meitzen (2009) destaca que os barrancos estáveis oferecem maior tempo para que as espécies consigam se estabilizar, por isso, contêm uma maior densidade global, área basal e riqueza de espécies ao longo de sua borda. Já os barrancos caracterizado pela alta migração lateral são caracterizados pelas baixas densidades de árvores, área basal, e riqueza de espécies.

Este fenômeno foi comprovado principalmente nos trechos T12, T19 e T20, portanto, áreas instáveis ofereceram condições desfavoráveis a fixação das plantas elevando as perdas por tombamento no canal e, conseqüente, elevação da taxa de mortalidade do plantio. Esse fato contribuiu para o estreitamento da mata ciliar nestes subtrechos resultando na redução da densidade e da área basal, a exemplo, do que aconteceu em P11 que apresentou um volume irrisório de 0,1% (Figura 12).

Em suma, os plantios que se encontravam nas regiões mais instáveis próximas a beira do canal foram rapidamente perdidos por conta das alterações provocadas pela atividade de extração irregular de areia. Outrossim, ainda quanto aos impactos hidrológicos provocados pela dragagem de areia, Vieira (2005) acrescenta que o principal e mais visível efeito impactante da dragagem sobre a água é o aumento da turbidez decorrente do aumento dos sólidos totais suspensos, a exploração de areia em leito de rio afeta principalmente as margens desse corpo d'água.

Quanto a este aspecto, pode-se dizer que o impacto da mineração de areia foi parcialmente capturado pelo PAR, porque, há de convir que a localização da draga é muito dinâmica, assim, a simples presença da mesma influenciava negativamente na avaliação do subtrecho. Diante do exposto, entende-se que exista mais subtrechos que foram impactados pela draga mas que não foram constatados pelo PAR.

Ainda, para Rodrigues et al., (2012) os resultados do PAR podem ter sua visibilidade influenciada pelo período do ano (estiagem ou cheia) ou pela própria localização na bacia. A vista disso, por um lado, os depósitos aluviais seriam improváveis de serem visualizados facilmente no inverno, por outro, a aplicação do PAR no verão pode ter afetado o resultados do verificador odor da água, porque nesta época existe uma maior concentração do poluente, ou seja, mais odores são exalados facilitando o diagnóstico.

No tocante aos poluentes agrícolas para Cassiano (2013) o uso do solo influencia as características físico-químicas da água. As bacias de cana-de-açúcar promovem concentrações de material particulado em suspensão, amônio e nitrato superiores às de pastagem, isto se deve aos tratos culturais com a fertilização nitrogenada.

Em relação ao reúso da vinhaça, por exemplo, atualmente está em análise na Câmara dos Deputados o Projeto de Lei nº 5.182/13, que visa regular o transporte, o armazenamento e a aplicação de vinhaça pela atividade sucroalcooleira [...] “Essa proposta define que os reservatórios em que a vinhaça é armazenada deverão ser impermeabilizados, assim como os canais de transporte do líquido até as plantações. [...] O projeto ainda proíbe a aplicação desse líquido em áreas de preservação permanente, reserva legal ou unidades de proteção integral” (ANA, 2016, p.11).

Diante do exposto, presumivelmente, acredita-se que a atividade de fertirrigação com vinhaça praticada na Usina Trapiche, pode estar contaminando as águas superficiais do Rio Sirinhaém. Basta observar os dados de qualidade da água do Rio Sirinhaém que vem sendo monitorado desde 2001 pela CPRH, deste modo, são analisados os parâmetros físico, químico e microbiológicos da nascente a foz nas estações de coleta conforme o Anexo I.

Atualmente os dados mais recentes desse monitoramento são de 2014, o trecho aqui estudado engloba a estação de coleta SI-51 que fica na captação da ETA da COMPESA (antes do Rio Tapiruçu) e a estação SI-55 que fica depois do Rio Tapiruçu sobre a ponte da PE 60 (Anexo II).

De modo geral, a qualidade da água bruta utilizada para abastecimento após tratamento em Camboinha (SI-51), apresentou-se boa para o mês de junho de 2014. Os níveis de Coliformes Termotolerantes mostraram-se todos desconformes com o limite para água doce da Classe 2, o fósforo total também apresentou inconformidades

para SI-51 e SI-55, estes valores evidenciam o lançamento de esgotos de origem doméstica em toda a Bacia (CPRH, 2015).

A partir de séries históricas destes dados de monitoramento do CPRH para Fósforo Total, DBO e PH (respectivamente, Apêndices 1, 2 e 3) coletados no verão, pode-se inferir que possivelmente há fortes indícios de lançamentos de efluentes orgânicos industriais, claramente observado no ano de 2013 sobre o Rio Sirinhaém, após o mesmo atravessar a sede da Usina Trapiche e a Cidade de Sirinhaém. Em concordância, sugere-se que o resultado apresentado aqui pelo PAR para T4 (um dos trechos mais impactados) possivelmente pode indicar o local de descarga dos contaminantes.

Neste cenário, como aponta Braga (2005), para resgatar a qualidade ambiental de uma zona ripária é preciso tomar medidas estruturantes através de instrumentos de gestão ambiental participativo que contribuam para melhorar a qualidade das águas e das florestas ribeiras. De tal modo, compactuando para a afirmação de um paradigma ecológico de desenvolvimento.

Sucintamente, as ferramentas aqui apresentadas tanto o Pacto quanto o PAR demonstraram-se adequadas para avaliar o estado de conservação da zona ripária, diagnosticando trechos onde seriam necessários investimentos em restauração da zona ripária, além de ações de controle e monitoramento do lançamento de efluentes e, da própria retirada dos fatores de degradação.

6 CONCLUSÕES

6 CONCLUSÕES

A fitossociologia através da aplicação do Protocolo do Pacto demonstrou, no geral, a necessidade do aumento da diversidade de espécies ao longo do trecho analisado e, logo após a retirada dos fatores de degradação, proceder ao plantio total nos trechos mais impactados. Dessa maneira, a fitossociologia realizada a mais de 8 anos do plantio mostrou ser uma ferramenta adequada para avaliar a efetividade do reflorestamento no processo de restauração da zona ripária do Rio Sirinhaém.

A espécie *Montrichardia linifera* (Arruda) Schott (Aninga) demonstra-se ser uma excelente protetora de barrancos e, a espécie *Inga edulis* Mart. (Inga) contribui para a cobertura do solo, sombreamento das margens, aeração das águas e controle dos processos erosivos. Já *Mimosa bimucronata* (DC.) Kuntze (Alagadiço) também auxilia no recobrimento rápido do solo.

O PAR identificou os principais fatores intervenientes na qualidade da zona ripária do trecho analisado. Assim, indicando uma provável contaminação por lançamento de efluentes que vem prejudicando a qualidade do corpo d'água. De outro modo, constatou-se que a atividade de mineração de areia tem provocado acentuada erosão das margens ocasionando a perda de solo e da vegetação associada e, conseqüentemente, o desequilíbrio do ecossistema ripário.

Ambas as ferramentas aqui utilizadas foram capazes de auxiliar na compreensão do estado de conservação da zona ripária analisada. Contudo, podem necessitar de alguns ajustes para serem aplicadas noutras realidades ripárias do Bioma Mata Atlântica. Ademais ferramentas de geoprocessamento poderão ser incorporadas a fim de reduzir os custos e o tempo de avaliação.

7 RECOMENDAÇÕES

7 RECOMENDAÇÕES

Estudos complementares poderão estimar através de SIGs a taxa de perda do solo ao longo da bacia, pode-se ainda associa-los a outras técnicas de monitoramento de processos erosivos *in loco*, como, por exemplo, o uso de pinos de erosão. Outras pesquisas relacionadas ao estudo da infiltração são importantes no sentido de averiguar a qualidade da água subterrânea, porque a mesma pode estar contaminada pelos efluentes do processo produtivo da indústria sucroenergética.

Os impactos ambientais das técnicas agrícolas envolvendo o reuso de água também poderão ser investigados a fim de aperfeiçoar o processo de tratamento e reuso dos efluentes industriais na lavoura, de tal modo, reduzindo o aporte e/ou concentração desses contaminantes no corpo hídrico.

As pesquisas de base florestal poderão através de experimentação em campo a luz da ecologia das espécies identificar outras espécies regionais adaptadas às condições ripárias e, fomentar o estabelecimento de arranjos produtivos locais que promovam a restauração das matas ciliares.

No demais, estudos contemplando a elaboração e o aperfeiçoamento de índices e protocolos para avaliação da qualidade dos ecossistemas ripários são de suma importância para a gestão dessas áreas ribeiras. Assim, o principal desafio da gestão ambiental dessas zonas úmidas é encontrar ferramentas capazes de dar respostas robustas e imediatas sobre o estado ecológico desses ecossistemas.

REFERÊNCIAS

- ACA, Agência Catalana de L'Aigua. **HIDRI - Protocolo para La valoración hidromorfológica de lós ríos**. Barcelona: [s.n.], 2006. 62p.
- AB'SABER, Aziz Nacib. O suporte geoecológico das florestas beiradeiras (ciliares). In: RODRIGUES, R.R. e LEITÃO-FILHO, H.F. (Ed.). **Matas Ciliares: conservação e recuperação**. 2ª ed. São Paulo: Edusp/Fapesp, 2009. 320 p.
- AGUIAR, F. C.; FERNADES, M. R.; FERREIRA, M. T. Riparian Vegetation Metrics as Tools For Guiding Ecological Restoration In Riverscapes. **Proceedings 7th European Conference on Ecological Restoration**, Avignon - France, Ago, 2010, 1-4 p.
- AGUIAR JR, Terencio R. et al. Riparian buffer zones as pesticide filters of no-till crops. **Environ Sci Pollut Res**, v. 22, 2015, 10618–10626 p.
- ALVES-COSTA, Cecília P et al. **Implementando Reflorestamentos com Alta Diversidade na Zona da Mata. Nordestina: Guia Prático / Recife: J. Luiz Vasconcelos**, 2008, 220 p.
- ANA, Agência Nacional das Águas. **Curso de Reúso de Água Agrícola e Florestal. Unidade II – Gestão do Reúso Agrícola e Florestal**. Brasília, 2016, 1-37 p.
- APAC, Agência Pernambucana de Águas e Climas. **Bacias Hidrográficas**. Disponível em: <http://www.apac.pe.gov.br/pagina.php?page_id=5&subpage_id=21> Acesso em: 30 mai. 2016.
- ASSIS, Geissianny Bessão de et al. Uso de espécies nativas e exóticas na restauração de matas ciliares no Estado de São Paulo (1957 - 2008). **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.37, n.4, 2013, 599-609 p.
- ATTANASIO, Cláudia Mira et al. Método para a identificação da zona ripária: microbacia hidrográfica do Ribeirão São João (Mineiros do Tietê, SP). **Scientia Forestalis**, n. 71, 2006, 131-140 p.
- _____. A importância das áreas ripárias para a sustentabilidade hidrológica do uso da terra em microbacias hidrográficas. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 4, 2012, 493-501 p.
- BACELLAR, L. de A. P. O papel das florestas no regime hidrológico de bacias hidrográficas. **Geo.br**, v. 1, 2005, 1-39 p.
- BALBINOT, Rafaelo et al. O papel da floresta no ciclo hidrológico em bacias hidrográficas. **Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**, Guarapuava - PR, v.4, n.1, Jan./Abr, 2008, 131-149 p.

BARBOSA, L. M. Considerações Gerais e Modelos de Recuperação de Formações Ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO-FILHO, H. F. (Ed.). **Matas Ciliares: conservação e recuperação**. 2ª ed. São Paulo: Edusp/Fapesp, 2009. 320p.

BARREIRA, Joana Morais. **Perspetivas de integração de protocolos de amostragem para monitorização de habitats florestais ripários no âmbito da implementação de duas Diretivas Comunitárias (Diretiva Habitats e Diretiva Quadro da Água)**. 2012. 79 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia Ambiente e Território) - Faculdade de Ciências UP, Porto - Portugal, 2012.

BARLING, R. D.; MOORE, I. D. Role of Buffer Strips in Management of Waterway Pollution: A Review. **Environmental Management**, v. 18, n. 4, 1994, 543-558 p.

BIZZO, M. R.; MENEZES, J.; ANDRADE, S. F. de. Protocolos de avaliação rápida de rios (PAR). **Cadernos de Estudos Geoambientais – CADEGEO**, v. 4, n. 1, Maio, 2014, 5-13 p.

BORRERO, M. A. V; PEREIRA, J. T. V.; MIRANDA, E. E. An environmental management method for sugar cane alcohol production in Brazil. **Biomass and Bioenergy**, v. 25, Jan, 2003, 287–299 p.

BOWLER, Diana E. et al. What are the effects of wooded riparian zones on stream temperature? **Environmental Evidence**, v. 1, n. 3, 2012, 1-9 p.

BRAGA, Ricardo Augusto Pessoa. **Avaliação dos instrumentos de políticas públicas na conservação integrada de florestas e águas, com estudo de caso na bacia do Corumbataí - SP**. 2005. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006. 310 p.

BRASIL, **Lei nº 12.651 de, 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em: 29 mai. 2016.

BROADMEADOW, S.; NISBET, T. R. The effects of riparian forest management on the freshwater environment: a literature review of best management practice. **Hydrology and earth System Sciences**, v. 8, n.3, 2004, 286-305 p.

CASTRO, Dilton et al. **Práticas para restauração da mata ciliar**. Porto Alegre: Catarse - Coletivo de Comunicação, 2012. 60 p.

CALLISTO, M. et al. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 14, n. 1, 2002, 465-473 p.

CAMPANILI, M.; SCHAFFER, W.B. **Mata Atlântica**: manual de adequação ambiental. Brasília: MMA/SBF, 2010a. 96 p.

_____. **Mata Atlântica**: patrimônio nacional dos brasileiros (Biodiversidade, 34). Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Núcleo Mata Atlântica e Pampa. Brasília: MMA, 2010b. 408 p.

CARLINI JR, R. J. et al. Movimentação de Cana de Açúcar numa agroindústria canavieira em condições adversas de operação. In: 44th Congress Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER). **Paper...** Fortaleza, Ceará, Brazil, July 23-27, 2006, 1-16 p. Disponível em: <<http://ageconsearch.umn.edu/handle/147269>>. Acesso em: 22 de março de 2016.

CARVALHO, Paulo Ernane Ramalho. **Maricá** - *Mimosa bimucronata*. EMBRAPA Florestas. Colombo, Paraná, 2004. 10 p. (Circular Técnica nº 94).

CASATTI, Lilian. Changes in the Brazilian Forest Code: potential impacts on the ichthyofauna. **Biota Neotrop**, v.10, n. 4, 2010, 31-34 p.

CASSIANO, Carla Cristina. **O papel dos remanescentes florestais na manutenção da qualidade da água em microbacias agrícolas**. 2013. 115 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - Esalq/USP, Piracicaba, 2013. 115p.

CE, Comissão Europeia. **Directiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 23 de Outubro de 2000**. Estabelece um quadro de acção comunitário no domínio da política da água. Jornal Oficial das Comunidades Europeias. Europa, 2000. Disponível em:< http://www.apambiente.pt/dqa/assets/01-2000_60_ce-directiva-quadro-da-%C3%A1gua.pdf >. Acesso em: 12 de maio de 2016.

CHOMSKY, Aviva. Labour, environmental history and sugar cane in Cuba and Brazil. **Social History**, v. 38, n. 4, 2013, 497- 509 p.

CORENBLIT, Dov et al. Reciprocal interactions and adjustments between fluvial landforms and vegetation dynamics in river corridors: A review of complementary approaches. **Earth-Science Reviews**, v. 84, 2007, 56–86 p.

CPRH, Agência Estadual de Meio Ambiente. **Relatório técnico nº 10**. Recife: (Unidade de Controle e Monitoramento Florestal – UCMF), 2011. 5 p.

_____. Agência Estadual de Meio Ambiente. **Termo de Compromisso (Processo nº 6132/2007)**. Recife: (Unidade de Direito Ambiental – UDAM). 2007, 8 p.

_____. Agência Estadual de Meio Ambiente. **Relatório de monitoramento de bacias hidrográficas do Estado de Pernambuco - 2014**. Recife, 2015. 104 p.

DA SILVA, R. K. S. et al. Estrutura e síndromes de dispersão de espécies arbóreas em um trecho de mata ciliar, Sirinhaém, Pernambuco, Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira - PFB**. Colombo, v.32, n. 69, jan./mar., 2012, 1-11 p.

EPA, Environmental Protection Agency. **Biological criteria for the protection of aquatic life**. Division of Water Quality Monitoring Assessment. Columbus, Ohio, v.1-III, 1987.

FERNANDES, Rafael Pires et al. Geração de escoamento superficial em uma microbacia com cobertura de cana-de-açúcar e floresta ripária. **Rev. Ambient. Água**, Taubaté, v. 8, n. 3, sep./dec, 2013, 178-190 p.

FERREIRA, D. A. C.; DIAS, H. C. T. Situação Atual da Mata Ciliar do Ribeirão São Bartolomeu em Viçosa, MG. **R. Árvore**. Viçosa-MG, v.28, n.4, 2004, 617-623 p.

FLORA DO BRASIL 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: < <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/> >. Acesso em: 28 Abr. 2016.

FURTADO, A. D. et al. **Subprodutos da indústria sucroalcooleira e sua utilização** – Módulo VI Curso de Especialização em gestão na Indústria Sucroalcooleira, 1. Ed. Campina Grande – PB: Centro de Tecnologia e Recursos Naturais – Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande – Cuiabá – MT: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – departamento de solos e engenharia rural da Universidade Federal do Mato Grosso, 2009. 58p. (apostila).

GALINDO - LEAL, C.; CÂMARA, I.G. Atlantic forest hotspots status: an overview. in GALINDO - LEAL, C.; CÂMARA, I.G (eds.). **The Atlantic Forest of South America: biodiversity status, threats, and outlook**. Washington DC: Center for Applied Biodiversity Science e Island Press, 2003, 488 p.

GIEHL, E. L. H.; BUDKE, J. C. Aplicação do Método Científico em Estudos Fitossociológicos no Brasil: em busca de um paradigma. In: FELFILI, J. M. et al. **Fitossociologia no Brasil: métodos e estudos de casos**. Viçosa, Minas Gerais: Ed. UFV, 2011. 556p.

GODINHO, F. N.; PINHEIRO, P.J. Monitorização do estado ecológico em rios portugueses. Enquadramento, situação actual e evolução necessária. In: 11º Congresso da Água num contexto da incerteza. **Conference Paper**. Porto 6 a 8 de fevereiro de 2012, 1-12 p. Disponível em: <<http://www.researchgate.net/publication/257799747>>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2016.

GOLDEMBERG, José; COELHO, Suani Teixeira; GUARDABASSI, Patrícia. The sustainability of ethanol production from sugarcane. **Energy Policy**, v. 36, 2008, 2086–2097 p.

GONZÁLEZ DEL TANAGO, Marta et al., Índice RQI para la valoración de las riberas fluviales en el contexto de la directiva marco del agua. **Ingeniería Civil**, n.143, 2006, 1-12 p.

GONZÁLEZ, Eduardo et al. Restoration of riparian vegetation: A global review of implementation and evaluation approaches in the international, peer-reviewed literature. **Journal of Environmental Management**, v. 158, May, 2015, 85 - 94 p.

GUNKEL, Günter et al. Sugar Cane Industry as a Source of Water Pollution - Case Study on the Situation in Ipojuca River, Pernambuco, Brazil. **Water Air Soil Pollut**, v. 180, 2007, 261–269 p.

GUTIÉRREZ, C.; SALVAT, A.; SABATER, F. **Índex per a L'avaluació de La qualitat Del medi fluvial a partir de La vegetació de ribera, Índex IFV**. Documents tècnics Del Agencia Catalana de L'Aigua. 2001.

HANNAFORD, M. J., BARBOUR, M. T.; RESH, V. H. Training reduces observer variability in visual-based assessments of stream habitat. **J. North Am. Benthol. Soc**, v.16, 1997, 853-860 p.

HOLANDA, Francisco Sandro Rodrigues et al. Riparian Vegetation Affected by Bank Erosion in the Lower São Francisco River, Northeastern Brazil. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.2, 2005, 327-336 p.

HUPP, Cliff R.; OSTERKAMP W.R. Riparian vegetation and fluvial geomorphic processes. **Geomorphology**, v. 14, 1996, 277-295 p.

JOLY, C. A; METZGER, J. P.; TABARELLI, M. Experiences from the Brazilian Atlantic Forest: ecological findings and conservation initiatives. **New Phytologist**, v. 204, Julho, 2014, 459–473 p.

LIBÓRIO, R. A. et al. Estrutura de zonas ripárias e seus efeitos na qualidade da água em riachos de baixa ordem. In: IX Congresso de Ecologia do Brasil, 13 a 17 de Setembro de 2009. **Anais...** São Lourenço – MG, 2009, 1-3 p.

LIMA, Walter de Paula. **Hidrologia Florestal Aplicada ao Manejo de Bacias Hidrográficas**. 2ª ed. Piracicaba - São Paulo: Esalq/USP, dez, 2008. 245p.

LIMA, Walter de Paula; ZAKIA, M. J. B. Hidrologia de Matas Ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO-FILHO, H. F. **Matas Ciliares: conservação e recuperação**. 2ª ed. São Paulo: Edusp/Fapesp, 2009, 320 p.

LONDE, Vinícius, SILVA, José Carlos da. Characterization of Poaceae (grass) species as indicators of the level of degradation in a stretch of riparian forest in Matutina, Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 28, n.1, 2014, 102-108 p.

MACK, J. J. **Vegetation index of biotic integrity (VIBI) for wetlands**: ecoregional, hydrogeomorphic, and plant community comparisons with preliminary wetland aquatic life use designations. Ohio Environmental Protection Agency, Division of Surface Waters, Wetland Ecology Group, Columbus, Ohio. 2001.

MAGDALENO, F. et al.; Martínez, R. e Roch, V. Índice RFV para La valoración Del estado Del bosque de ribera. **Ingenieria Civil**, n. 157, 2010, 85-96 p.

MAGALHÃES, Silvia Elicia Fragoso; PIMENTEL, Rejane Magalhães de Mendonça. Matas Ciliares - Análise Histórica dos Estudos Relacionados ao Tema. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 1, 2013, 49-57 p.

MAITRE, David C. Le; SCOTT, David F.; COLVIN, C. A review of information on interactions between vegetation and groundwater. **Water SA**, v. 25, n. 2, April 1999, 137-152 p.

MARSTON, Richard A. Geomorphology and vegetation on hillslopes: Interactions, dependencies, and feedback loops. **Geomorphology**, v. 116, 2010, 206–217 p.

MEITZEN, Kimberly M. Lateral Channel Migration Effects On Riparian Forest Structure And Composition, Congaree River, South Carolina, USA. **Wetlands**, v. 29, n. 2, Jun, 2009, 465–475 p.

METZGER, Jean Paul. Conservation issues in the Brazilian Atlantic Forest. **Biological Conservation**, v. 142, 2009, 1138–1140 p.

MONTEIRO, Josita Soares et al. Permanent Preservation Areas and their environmental services. **J. Biotec. Biodivers**, v.4, n.4, nov, 2013, 299-309 p.

MONTGOMERY, David R.; MACDONALD, Lee H. Diagnostic Approach to stream channel assessment and momtoring. **Journal of the American Water Resources Association**, v. 38, n. 1, fev, 2002, 1-16 p.

MORO, M. F.; MARTINS, F. R. Métodos de levantamento do componente arbóreo-arbustivo. In: FELFILI J. M. et al. **Fitossociologia no Brasil: métodos e estudos de casos**. Viçosa, Minas Gerais: Ed. UFV, v. 1, 2011. 556 p.

MOSTER, Cláudia. **Avaliação hidrológica da zona ripária através da análise da água subterrânea ao longo das vertentes de uma microbacia experimental**. 2007. 82 f. Dissertação de Mestrado - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2007. 82 p.

MUNNÉ, A.; SOLÁ, C.; PRAT, N. Um índice rápido para lá evaluación de La calidad de lós ecossistemas de riberas. **Tecnologia Del Agua**, v.175,1998, 20-37 p.

NAIMAN, R. J.; DÉCAMPS, H. The ecology of interfaces: riparian zones. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 28, 1997, 621-658 p.

NBL, Engenharia Ambiental Ltda; TNC, The Nature Conservancy. **Manual de Restauração Florestal: Um Instrumento de Apoio à Adequação Ambiental de Propriedades Rurais do Pará**. Belém: The Nature Conservancy, 2013, 128 p.

NORRIS, V. The Use of Buffer Zones to Protect Water Quality: A Review. **Water Resources Management**, v. 7, Jun, 1993, 257-272 p.

RANDHIR, T. O.; EKNESS, P. Water quality change and habitat potential in riparian Ecosystems. **Ecohydrology & Hydrobiology**, v.13, 2013, 192 - 200 p.

RESENDE, Alexander S. et al. Long-term effects of pre-harvest burning and nitrogen and vinasse applications on yield of sugar cane and soil carbon and nitrogen stocks on a plantation in Pernambuco, N.E. Brazil. **Plant and Soil**, v. 281, 2006, 339–351p.

REZENDE, Camila Linhares de et al. Atlantic Forest spontaneous regeneration at landscape scale. **Biodivers Conserv**, v. 24, 2015, 2255 - 2272 p.

OLIVEIRA, M. Z. de. Delimitação de Áreas de Preservação Permanente: Um estudo de caso através de imagem de satélite de alta resolução associada a um sistema de informação geográfico (SIG). **Anais...** XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, INPE, 21 - 26 de Abril, 2007, 4119-4128 p.

OLIVEIRA, Maiby Teodoro de et al. Regeneration of riparian forests of the Brazilian Pantanal under flood and fire influence. **Forest Ecology and Management**, v. 331, set, 2014, 256 - 263 p.

OLIVEIRA; Fernando M.; NUNES, Tatiana S. Aplicação de protocolo de avaliação rápida para caracterização da qualidade ambiental do manancial de captação (Rio Pequeno) do município de Linhares, ES. **Natureza on line**, v. 13, n.2, abril, 2015, 86-91 p.

OLLERO, A. O. et al., IHG: Um índice para La valoración hidrogeomorfológica de sistemas fluviales. **Limnetica**, v. 27, n.1, 2008, 171-188 p.

PACTO, Pela restauração da Mata Atlântica. **Protocolo de monitoramento para programas e projetos de restauração florestal**. Grupo de Trabalho Técnico - Científico e de Economia da Restauração do Pacto Pela Restauração da Mata Atlântica, Araras: UFSCar, 2013, 59 p. (Livreto).

PERNAMBUCO. **Decreto nº 21.229, de 28 de dezembro de 1998**. Declara como Área de Proteção Ambiental (APA) a região situada nos municípios de Sirinhaém e Rio Formoso, e dá outras providências. Recife - 1998. Disponível em: < http://www.cprh.pe.gov.br/ARQUIVOS_ANEXO/de21229;14020209;20151228.pdf >. Acesso em: 10 de março de 2016.

PHINN, S.R.; STOW, D. A.; MOUWERIK, D. V. Remotely sensed estimates of vegetation structural characteristics in restored wetlands, southern Califórnia. **Photogrammetric Engineering e Remote Sensing**, v.5, n. 4, april, 1999, 485-493 p.

POLLEN-BANKHEAD, N; SIMON, A. Hydrologic and hydraulic effects of riparian root networks on streambank stability: Is mechanical root-reinforcement the whole story? **Geomorphology**, v.116, 2010, 353–362 p.

PRIMACK, Richard B.; RODRIGUES, Efraim. **Biologia da Conservação**. Londrina: Editora Planta, 2001, 328 p.

RODRIGUES, Ricardo Ribeiro. Florestas Ciliares? Uma discussão Nomenclatural das Formações Ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO-FILHO, H. F. (Ed.). **Matas Ciliares: conservação e recuperação**. 2ª ed. São Paulo: Edusp/Fapesp, 2009. 320p

RODRIGUES, Ricardo Ribeiro; GANDOLFI, Sergius. Conceitos, Tendências e Ações Para a recuperação de Florestas Ciliares. In: RODRIGUES, R.R. e LEITÃO-FILHO, H.F. (Ed.). **Matas Ciliares: conservação e recuperação**. 2ª ed. São Paulo: Edusp/Fapesp, 2009. 320p.

RODRIGUES, Ricardo Ribeiro; SHEPHERD, George John. Fatores Condicionantes da Vegetação Ciliar. In: RODRIGUES, R. R. e LEITÃO-FILHO, H.F. (Ed.). **Matas Ciliares: conservação e recuperação**. 2ª ed. São Paulo: Edusp/Fapesp, 2009. 320p

RODRIGUES, Ricardo Ribeiro; BRANCALION, Pedro Henrique Santin; ISERNHAGEM, Ingo. **Pacto pela restauração da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. Coordenação geral : Laboratório de Ecologia e Restauração Florestal – LCB/ESALQ/USP (organização e edição de texto). 3ª. ed. São Paulo: LERF, 2010. 259 p.

RODRIGUES, Aline Sueli de Lima et al. Adequação e avaliação da aplicabilidade de um Protocolo de Avaliação Rápida na bacia do rio Gualaxo do Norte, Leste-Sudeste do Quadrilátero Ferrífero, MG, Brasil. **Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 7, n.2, 2012, 231-244 p.

ROSA, E. M. da; BUFFON, I; KEHL, L. G. H. K. Avaliação da qualidade de áreas de preservação permanente ripárias em São Francisco de Paula – RS: Uma abordagem metodológica. **Revista de Ciências Ambientais**, Canoas, v. 4, n. 2, 2010, 17- 30 p.

SALEMI, Luiz Felipe et al. Aspectos hidrológicos da recuperação florestal de áreas de preservação permanente ao longo dos corpos de água. **Rev. Inst. Flor**, v. 23, n. 1, jun, 2011, 69-80 p.

_____. Riparian Vegetation and Water Yield: A Synthesis. **Journal of Hydrology**, v. 454 - 455, 2012, 195-202 p.

SILVEIRA, Mariana Pinheiro. Aplicação do biomonitoramento para avaliação da qualidade da água em rios. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, **Embrapa Meio Ambiente - Documentos**, nº 36, 2004. 68p.

SMA, Secretaria de Estado do Meio Ambiente. **Mata Ciliar Recuperações bem-sucedidas**. Governo do Estado de São Paulo. São Paulo, out. 2002, 1-44 p.

_____. **Cadernos da Mata Ciliar - Monitoramento de áreas em recuperação**. Coordenadoria de Biodiversidade e Recursos Naturais, Unidade de Coordenação do Projeto de Recuperação das Matas Ciliares. São Paulo: SMA, 2011, 1- 64 p. (Cadernos da Mata Ciliar, n. 4).

SOUZA, Andréa L. T. de et al. Influence of riparian vegetation and forest structure on the water quality of rural low-order streams in SE Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 298, 2013, 12 - 18 p.

SPAROVEK, Gerd et. al. The revision of the Brazilian Forest Act: increased deforestation or a historic step towards balancing agricultural development and nature conservation?. **Environmental Science & Policy**, v.16, Feb. 2012, 65 - 72 p.

SUGANUMA, Márcio Seiji et al. Ecossistemas de referência para restauração de matas ciliares: existem padrões de biodiversidade, estrutura florestal e atributos funcionais? **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.37, n.5, 2013, 835-847 p.

STANTURF, John A.; PALIK, Brian J.; DUMROESE, R. Kasten. Contemporary forest restoration: A review emphasizing function. **Forest Ecology and Management**, v. 331, 2014, 292–323 p.

TABARELLI, Marcelo et. al. Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica brasileira. **Megadiversidade**, v.1, n. 1, Jul, 2005, 132 – 138 p.

_____. A conversão da floresta atlântica em paisagens antrópicas: lições para a conservação da diversidade biológica das florestas tropicais. **Interciencia**, v. 37, n. 2, febr, 2012, 88-92 p.

TEIXEIRA, A. M. G. et al. Modeling landscape dynamics in an Atlantic Rainforest region: Implications for conservation. **Forest Ecology and Management**, v. 257, n. 4, Febr, 2009, 1219-1230 p.

TEIXEIRA, Dayse Fernanda Ferreira; SIQUEIRA, Brenda Santos; CATTANIO, Jose Henrique. Importância da Aninga (*Montrichardia linifera*) na retenção de sedimentos na Baía do Guajará, PA. **REA - Revista de Estudos Ambientais (Online)**, v.16, n. 2, jul./dez, 2014, 6-19 p.

TRAPICHE, Usina Trapiche S/A. **Atitudes Ambientais do Grupo Serra Grande**. Sirinhaém, 2013. (Apresentação de Palestra em Slides). 155 p.

UMETSU, Ricardo Keichi et al. Efeito da inundação lateral sobre a distribuição da vegetação ripária em um trecho do rio Cuiabá, MT. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.35, n.5, 2011,1077-1087 p.

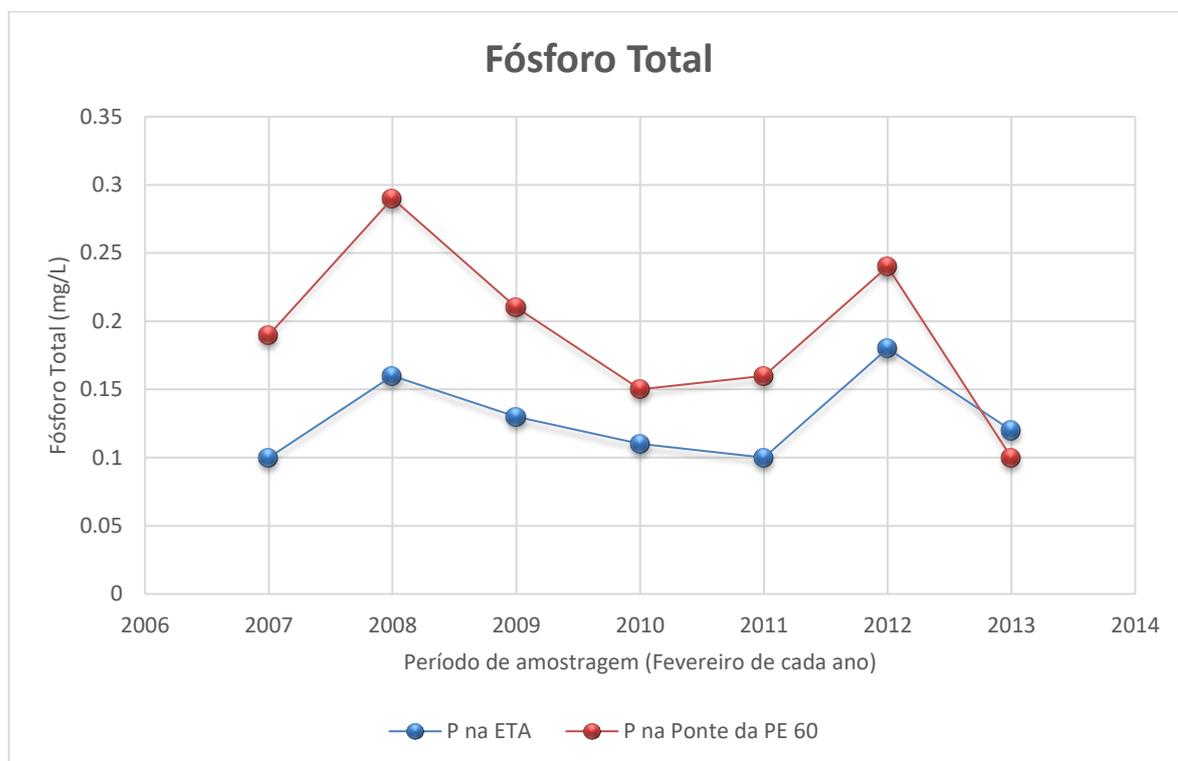
VARGAS; J. R. A.; JÚNIOR, P. D. F. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida na caracterização da qualidade ambiental de duas microbacias do Rio Guandu, Afonso Cláudio, ES. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH**, v. 17, n.1, Jan-Mar, 2012, 161-168 p.

VIEIRA, Elisa Hardt Alves. **O licenciamento ambiental de portos de areia da bacia do Rio Corumbataí como instrumento para a recuperação de áreas de preservação permanente**. 2005. 186 f. Dissertação de mestrado da Esalq / USP Piracicaba, 2005. 186 p.

WHATELY, M.; HERCOWITZ, M. **Serviços ambientais**: conhecer, valorizar e cuidar: subsídios para a proteção dos mananciais de São Paulo. São Paulo: Instituto Socioambiental, 2008. 119 p.

APÊNDICE 1

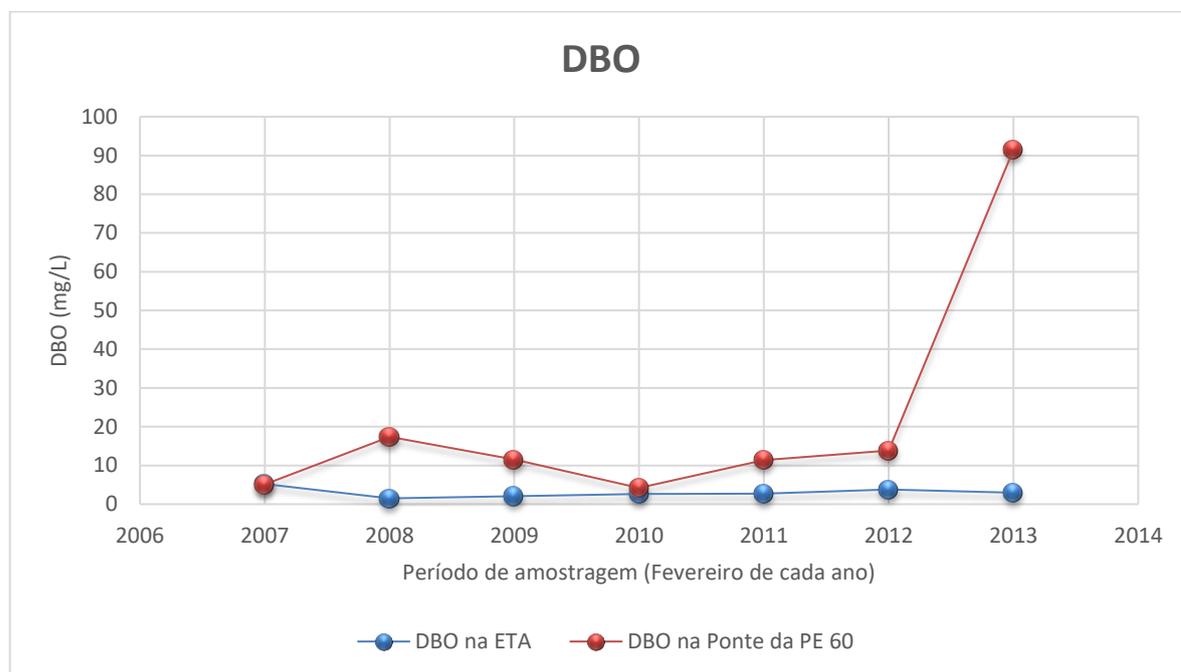
APÊNDICE 1 - DISPONIBILIDADE DE FÓSFORO TOTAL AO LONGO DO TRECHO ESTUDADO.



Fonte: Elaboração própria a partir dos relatórios de qualidade de monitoramento da Bacia do Rio Sirinhaém, disponibilizados pela CPRH.

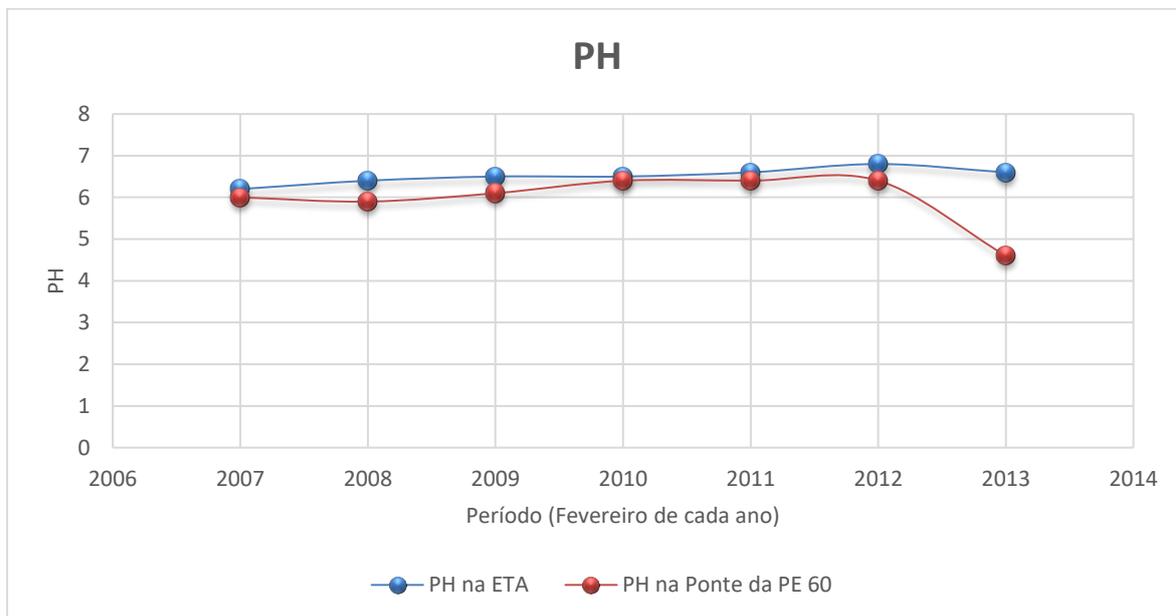
APÊNDICE 2

APÊNDICE 2 - ESTADO DA DEMANDA BIOQUÍMICA POR OXIGÊNIO – DBO SOBRE A ÁREA DE ESTUDO.



Fonte: Elaboração própria a partir dos relatórios de qualidade de monitoramento da Bacia do Rio Sirinhaém, disponibilizados pela CPRH.

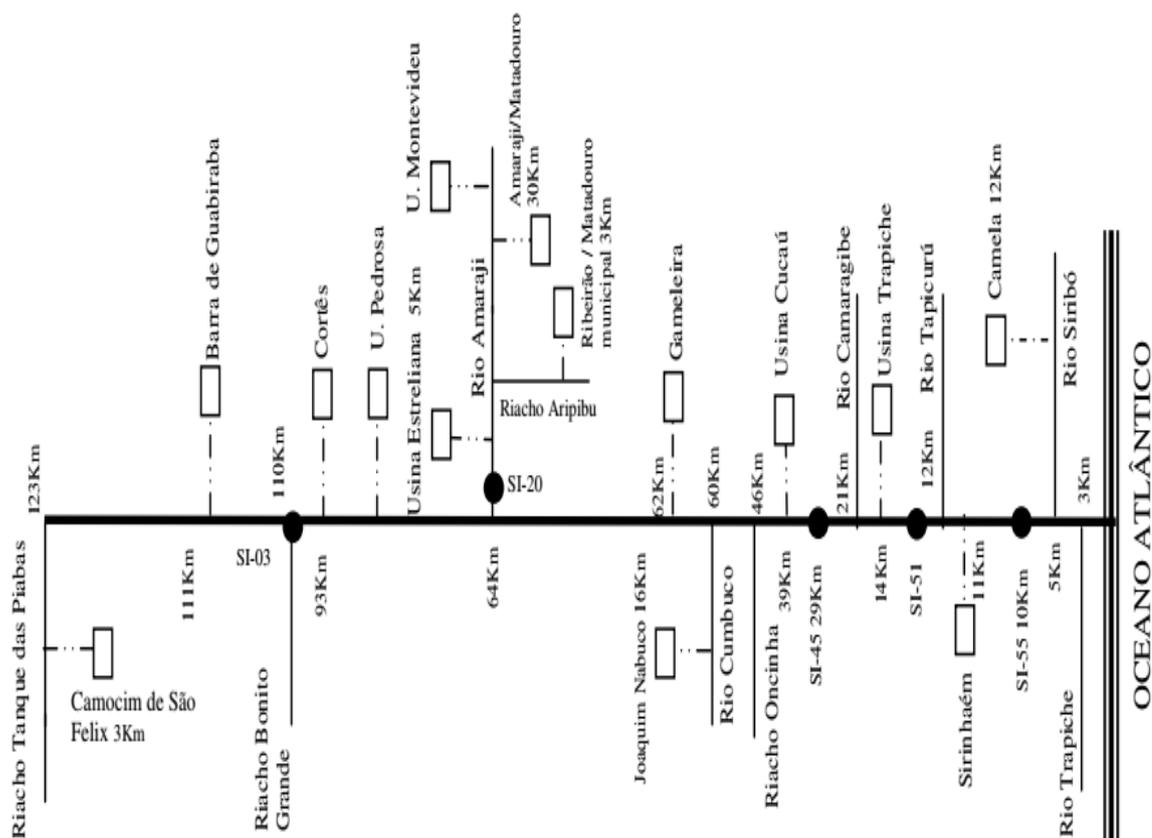
APÊNDICE 3

APÊNDICE 3 - ESTADO DO PH SOBRE A ÁREA DE ESTUDO.

Fonte: Elaboração própria a partir dos relatórios de qualidade de monitoramento da Bacia do Rio Sirinhaém, disponibilizados pela CPRH.

ANEXO 1

ANEXO 1 - DIAGRAMA DAS ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM DA REDE DE MONITORAMENTO DA BACIA DO RIO SIRINHAÉM.

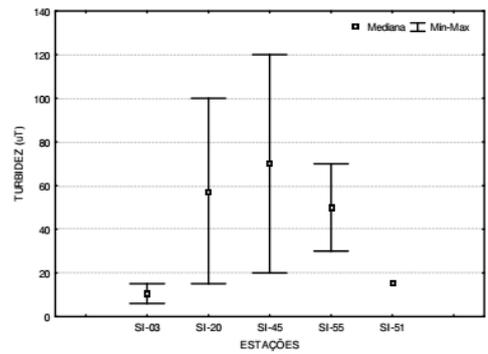
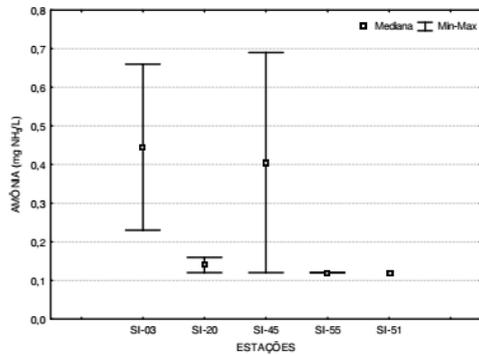
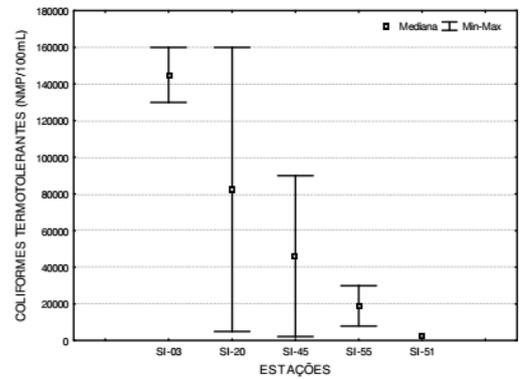
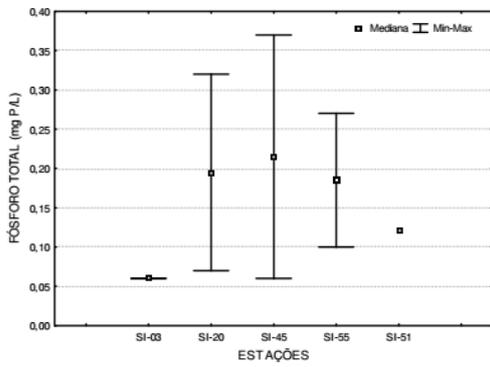
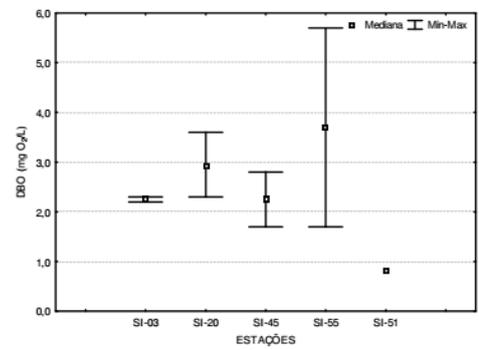
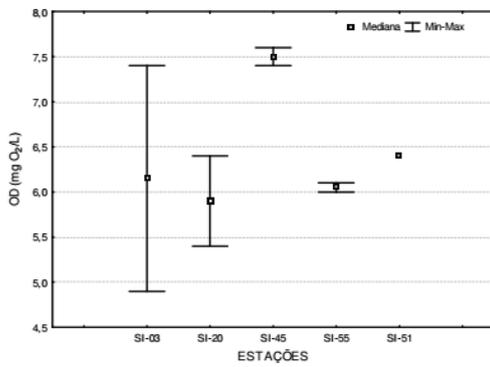
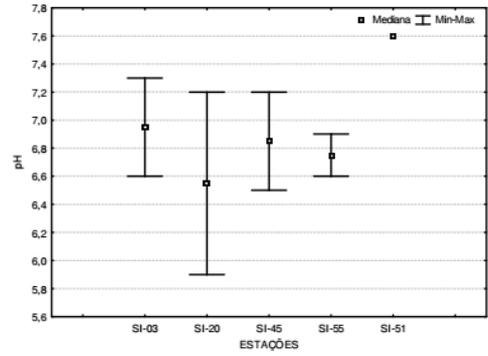
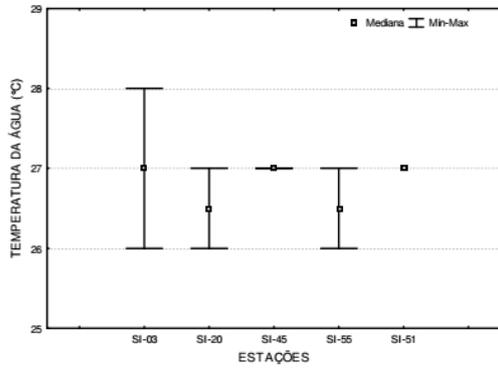


Fonte: CPRH, (2015).

Obs.: A estação SI-51 (ETA da COMPESA) fica antes do Rio Tapiruçu e a estação SI-55 fica depois do Rio Tapiruçu (sob a ponte da PE 60).

ANEXO 2

ANEXO 2 - GRÁFICO DE QUALIDADE DA BACIA DO RIO SIRINHAÉM – 2014.



Fonte: CPRH, (2015).