ISSN Online: 2675-2735

Revista Sertão Sustentável (RSS)
Volume 7, Número 1, 46-73, Jan- Jun 2025.

Macrófitas aquáticas como bioindicadoras da qualidade ambiental da Ipueira, Xique-Xique, Médio São Francisco, Bahia, Brasil

Ianca Carneiro de Carvalho[1], Aigara Miranda Alves[1]*

[1]Departamento de Ciências Humanas e Tecnologias (DCHT), Universidade do Estado da Bahia (UNEB), Xique-Xique, Bahia, Brasil.

**Autora correspondente: Ianca Carneiro de Carvalho.*

E-mail: eng.iancacarneiro@gmail.com

Revista Sertão Sustentável 2023. Open access sob licença Creative Commons BY-NC-ND 4.0 International.

Recebido:10-02-2025

Aceito:17-04-2025

Resumo

O objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade ambiental da Ipueira, no Médio São Francisco, Bahia, por meio de macrófitas aquáticas bioindicadoras. As coletas ocorreram de março a agosto de 2019, com análises realizadas no Laboratório Multidisciplinar da Universidade do Estado da Bahia. As características físico-químicas da água foram avaliadas com aparelho multiparâmetro e a transparência com disco de Secchi. Foram identificadas 12 espécies de macrófitas, distribuídas em nove gêneros, sete famílias e cinco formas biológicas. A família Poaceae foi a mais representativa, com três espécies, e a forma biológica mais frequente foi a flutuante livre. A diversidade estimada foi média (H' = 2,29 nats/ind), e as espécies mais constantes foram *Eichhornia crassipes* (100%) e *Hymenachne amplexicaulis* (93%). A qualidade da água estava dentro dos parâmetros exigidos pela legislação brasileira, mas, segundo o Protocolo de Avaliação Rápida (PAR), ambas as margens da Ipueira estavam impactadas, especialmente a margem direita.

Palavras-chave: Recurso hídrico. Degradação ambiental. Plantas aquáticas.

Abstract

The objective of this study was to evaluate the environmental quality of Ipueira, in Médio São Francisco, Bahia, using aquatic bioindicator macrophytes. Collections took place from March to August 2019, in the morning, with analyzes carried out at the Multidisciplinary Laboratory of the Department of Human Sciences and Technologies – DCHT XXIV of the State University of Bahia. The physical-chemical characteristics of the water were evaluated with a multiparameter device and the transparency with a Secchi disk. 12 species of macrophytes were identified, distributed in nine genera, seven families and five biological forms. The Poaceae family was the most representative, with three species, and the most frequent biological form was the free floating. The estimated diversity was average (H' = 2.29 nats/ind), and the most constant species were *Eichhornia crassipes* (100%) and *Hymenachne amplexicaulis* (93%). The water quality was within the parameters required by Brazilian legislation, but, according to the Rapid Assessment Protocol (PAR), both banks of the Ipueira were impacted, especially the right bank.

Keywords: Water resource. Environmental degradation. Aquatic plants.

Introdução

Os ambientes aquáticos são usados no mundo inteiro para diversas finalidades, sendo as mais comuns o abastecimento de água, a produção de energia, a irrigação, a navegação, a aquicultura e a valorização paisagística (Moraes; Jordão, 2002). Entretanto, práticas como a poluição, desmatamentos, construção de hidrelétricas e pesca indiscriminadas têm gerado um desequilíbrio ecológico contínuo, resultando em danos tanto para os ecossistemas aquáticos, afetando a fauna e a flora, quanto para as populações humanas que dependem desses recursos, comprometendo a própria sobrevivência da humanidade (Caetano, 2013).

Um dos recursos hídricos mais impactados por esse desequilíbrio ambiental é o Rio São Francisco. Conhecido pelos povos originários como Rio Opará, que significa “rio mar”, esse rio nasce na Serra da Canastra no estado de Minas Gerais, a partir de um pequeno afluente do Rio Samburá, e percorre aproximadamente 2.800 km, ligando o Sudeste ao Nordeste do Brasil. Sua bacia hidrográfica abrange cerca de 640 km^2, representando 7,5% do território nacional (Silva, 2017).

Considerado um importante elo de integração nacional, o Rio São Francisco percorre cinco estados (Minas Gerais, Bahia, Pernambuco, Alagoas e Sergipe), contrariando o fluxo natural de outros rios ao seguir seu caminho num “contra-fluxo” no sentido Sul-Norte. Ao longo do seu curso, banha mais de 500 municípios, onde vivem cerca de 13 milhões de pessoas (Silva, 2017). A Bacia do rio é dividida em quatro unidades fisiográficas, com as seguintes proporções em relação à sua área total: Alto São Francisco (40%); Médio São Francisco (39%); Submédio São Francisco (17%) e Baixo São Francisco (5%) (Pereira *et al*., 2007). Ela também abrange fragmentos de diversos biomas, como a Mata Atlântica, Cerrado, Caatinga, além de áreas costeiras e insulares (Castro; Pereira, 2017).

A região do Médio Rio São Francisco, onde está localizado o município de Xique-Xique, na Bahia, é a maior em extensão, com 1.090 km. Neste trecho, o rio recebe a maior quantidade de afluentes de toda a sua bacia, como os rios das Velhas, Paracatu e Urucuia (Sato; Godinho, 1999). No entanto, segundo o Plano Territorial de Desenvolvimento Sustentável (PTDS) (2010), a vazão média do Rio São Francisco tem diminuído significativamente devido à degradação ambiental resultante de atividade humanas, com destaque para os pescadores que vivem nas margens do rio, que são as principais vítimas dessa degradação.

A degradação ambiental na Bacia do Rio São Francisco é impulsionada principalmente pelo despejo inadequado de esgotos domésticos, pelas práticas agropecuárias e pela mineração, que comprometem a qualidade da água e o equilíbrio ecológico (Castro; Pereira, 2017). Esse cenário afeta diretamente as macrófitas aquáticas, que, embora desempenhem um papel fundamental na filtragem da água, podem ter seu crescimento descontrolado ou sua diversidade reduzida devido à poluição e ao excesso de nutrientes.

As macrófitas aquáticas são fundamentais para os ecossistemas aquáticos, contribuindo para a ciclagem de nutrientes, a química da água e a sustentação das cadeias alimentares (Pompêo, 2008). Suas formas biológicas incluem espécies submersas enraizadas ou fixas, submersas livres, flutuantes fixas, flutuantes livres, emergentes ou emersas, anfíbias e epífitas (Trindade *et al*., 2010). No entanto, seu crescimento excessivo pode intensificar a eutrofização, um processo que, devido à alta produção de biomassa, reduz os níveis de oxigênio, favorece a formação de gás sulfídrico (H_2S) e altera o pH da água. Essas mudanças impactam negativamente outras comunidades aquáticas, como fitoplâncton, zooplâncton e organismos bentônicos (Lima, 2011).

A eutrofização é um dos principais problemas associados à má qualidade da água. Esse processo, que resulta no aumento excessivo de nutrientes nos corpos d'água, pode ser causado pela drenagem de fertilizantes agrícolas, águas pluviais urbanas, detergentes, resíduos de minas, e dejetos humanos, entre outros. Entre seus principais efeitos, destaca-se a proliferação descontrolada de macrófitas aquáticas e algas, algumas das quais produzem toxinas prejudiciais à saúde humana (Barreto *et al*., 2013). Além disso, a eutrofização pode prejudicar diversos usos de reservatórios, como a geração de energia e o abastecimento de água, sendo, portanto, necessário um controle eficaz desse fenômeno (Pompêo, 2008). Para isso, o conhecimento das condições ambientais que permitirem a proliferação indesejada é essencial (Trindade *et al*., 2010).

A proliferação de macrófitas também pode gerar sérios impactos à saúde pública, como o aumento da população de mosquitos, o que compromete a qualidade de vida dos habitantes das regiões afetadas. Outra consequência importante é a redução do oxigênio dissolvido (OD) na água, devido ao aumento da matéria orgânica proveniente das altas densidades de macrófitas. Isso pode levar à decomposição anaeróbica, com a liberação de gases como sulfeto de hidrogênio (H_2S) e metano (CH_4), que alteram o odor e sabor da água. A falta de oxigênio (O_2) também compromete a sobrevivência de

organismos aeróbios, resultando em altas taxas de mortalidade de peixes e outros organismos aquáticos. Além disso, as macrófitas podem dificultar o tratamento da água para abastecimento, prejudicar a navegação e as atividades recreativas, além de afetar a pesca (Beyruth, 1992).

A composição das comunidades de macrófitas varia conforme a profundidade da lâmina d'água, com espécies flutuantes e submersas predominando em regiões mais profundas. Dessa forma, a composição florística de cada parte do manancial depende de fatores bióticos e abióticos e das respostas ecológicas dessa vegetação aquática (Araújo *et al*., 2012). Sendo que, os danos causados pelas macrófitas no ambiente e nas relações bióticas aumentam quando o volume do corpo d'água reduz (Beyruth, 1992). Assim, a resposta das comunidades de macrófitas a alterações ambientais pode ser utilizada como um indicador da qualidade da água (Rocha *et al*., 2012), desempenhando um papel importante como bioindicadoras dela (Thomaz; Bibi, 2003).

Bioindicadores podem refletir a contaminação ambiental por meio de alterações em sua fisiologia ou pela capacidade de acumular elementos e substâncias. A resposta de cada organismo está diretamente influenciada pelas condições físicas, químicas e biológicas do ambiente, bem como por suas características fisiológicas, morfológicas, estruturais e nutricionais (Bagliano, 2012). Nesse contexto, o estudo das macrófitas aquáticas é fundamental para monitorar a saúde dos ecossistemas aquáticos, especialmente em regiões onde as populações ribeirinhas dependem dos rios para abastecimento de água e dessedentação animal. Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade ambiental da Ipueira, na região do Médio São Francisco, Bahia, Brasil, utilizando macrófitas aquáticas como bioindicadoras da qualidade da água.

Materiais e Métodos

Este estudo foi realizado na Ipueira do trecho médio da Bacia do Rio São Francisco, localizada na cidade de Xique-Xique, Bahia, Brasil (Figura 1). Foram realizadas 7 (sete) amostragens entre os meses de março e agosto de 2019, abrangendo tanto o período chuvoso quanto o seco. As coletas ocorrem sempre no turno da manhã, momento do dia em que a radiação solar é menos intensa.

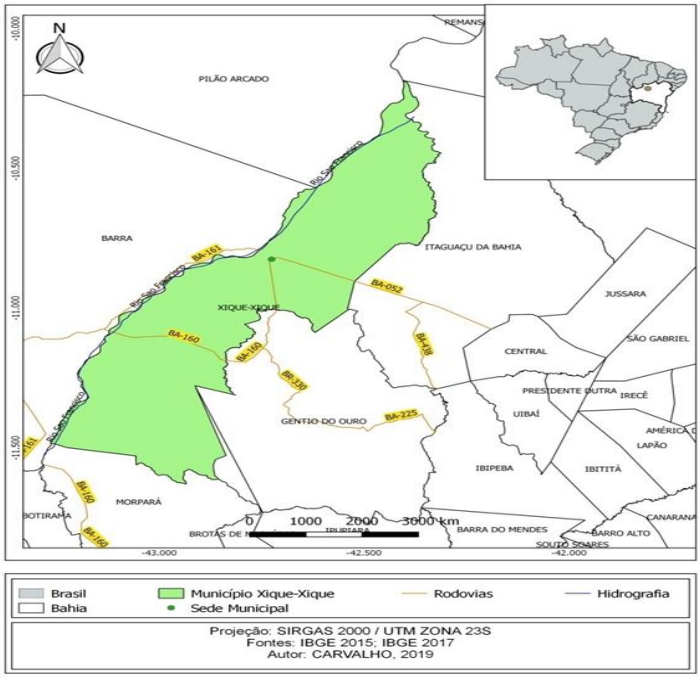


Figura 1. Mapa de localização do município de Xique-Xique, Bahia, Brasil.
Fonte: Autores (2019).

Para a definição dos pontos de coletas, foram considerados fatores como a dinâmica hidrológica, os tipos de habitats, os substratos e as zonações da Ipueira. Foram estabelecidos 15 pontos de coleta ao

longo de uma extensão de 3,6 km. Os pontos A a G foram posicionados na margem esquerda (da jusante à montante), enquanto os pontos H a N foram distribuídos na margem direita (da montante à jusante). Além disso, o ponto 15, situado no leito da Ipueira, foi designado como ponto controle (P.C) (Figura 2). Todos os pontos foram georreferenciados com auxílio de um GPS GARMIN, modelo GPSmap 62s.

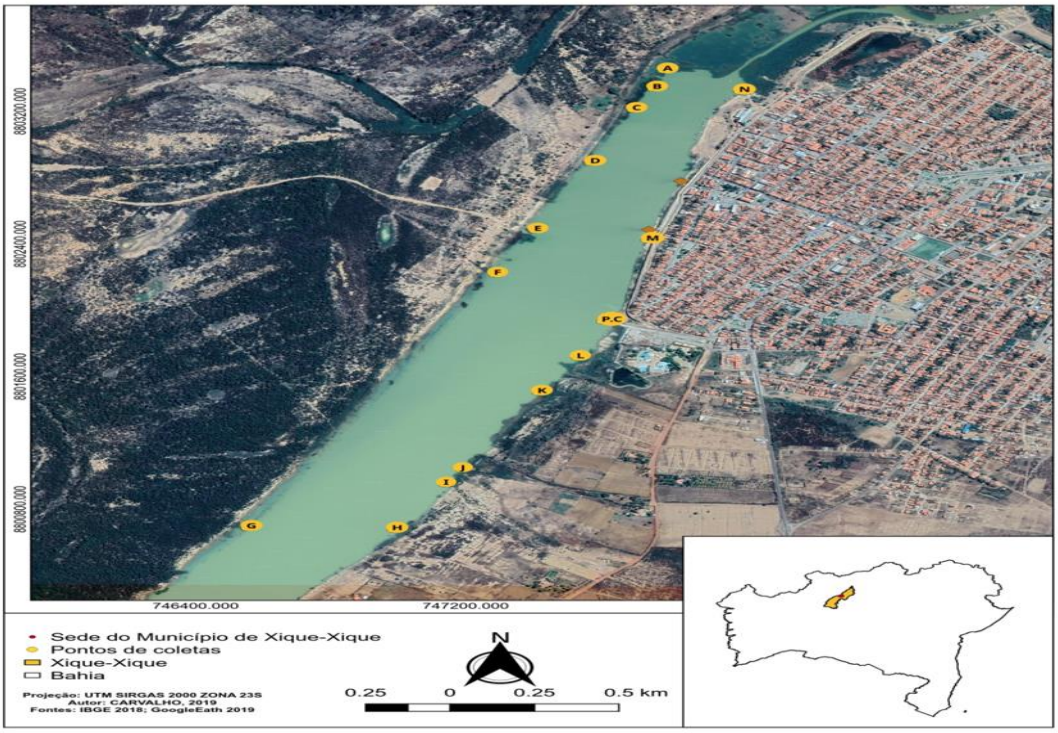


Figura 2. Mapa de localização dos pontos de coleta na Ipueira, Xique-Xique, Médio São Francisco, Bahia, Brasil.
Fonte: Autores (2019).

As imagens da área de estudo, dos pontos de coleta e das macrófitas aquáticas, tanto no ambiente quanto em laboratório, foram registradas por meio de uma câmera fotográfica digital. As macrófitas aquáticas, em estado reprodutivo, foram coletadas manualmente ou com o auxílio de tesouras de poda, sendo posteriormente preservadas conforme os métodos descritos por Fidalgo e Bononi (1984). A análise das macrófitas coletadas foi realizada no Laboratório Multidisciplinar da Universidade do Estado da Bahia-DCHT XXIV, em Xique-Xique. A identificação da composição florística seguiu a literatura especializada na área. Após o estudo, as macrófitas foram incorporadas na coleção biológica do DCHT XXIV da UNEB de Xique-Xique.

A frequência de ocorrência de cada táxon foi calculada com base na relação entre o número de amostras ou estações onde uma espécie foi registrada e o número total de amostras ou estações realizadas (Lobo; Leighton, 1986). A frequência de ocorrência (F.O) foi calculada de acordo com a equação 1.

$$FA = \frac{Pa}{P \times 100} \qquad (1)$$

Onde: FA é a frequência da espécie A; Pa é o número de amostras ou estações onde a espécie foi encontrada; P é o número total de amostras ou estações. Os critérios para classificar as espécies foram: constante (F > 50%); comum (10% < F ≤ 50%); e rara (F ≤ 10%).

A riqueza estimada foi analisada por meio da média entre o número total de espécies por espécimes amostrados, a qual expressa o número de espécies encontradas (Rosso, 1990). Esse método permite avaliar o grau de abrangência do inventário em capturar as espécies presentes na área (Santos,

2004). A diversidade específica estimada foi calculada com base no Índice de Shannon-Weaver (H'=-∑pi*logpi), utilizando o programa Excel (Shepherd, 1996).

A determinação das características físico-químicas da água, como pH, oxigênio dissolvido (OD), salinidade, temperatura, pressão atmosférica e condutividade elétrica, foi realizada *in situ* com um aparelho multiparâmetro HANNA, modelo HI 98194. A transparência da água foi medida utilizando um disco de Secchi. Esses equipamentos foram introduzidos a aproximadamente 1,5 m de profundidade.

A avaliação do grau de degradação dos pontos de coleta foi realizada por meio de um protocolo específico para analisar a integridade das margens direita e esquerda, levando em consideração o estado de conservação e os níveis de impacto ambiental. Para isso, utilizou-se o Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) modificado, com base nos estudos de Callisto *et al*. (2002), Casatti *et al*. (2006a, b) e Duarte *et al*. (2015). O protocolo considerou características da água, tipo de ocupação das margens, erosão, assoreamento, extensão da mata ciliar e cobertura vegetal.

O PAR avalia parâmetros ambientais em uma escala de 0 a 4 pontos para os parâmetros 1 a 7, e de 0 a 5 pontos para os parâmetros 8 a 13 (Quadro 1). A pontuação é atribuída de acordo com a observação das condições do habitat. O valor final do protocolo é obtido pela soma das pontuações atribuídas a cada parâmetro, e os resultados indicam o nível de preservação dos trechos estudados: de 0 a 40 pontos indicam trechos "impactados", de 41 a 60 pontos indicam trechos "alterados" e acima de 61 pontos, trechos "naturais" (Callisto *et al*., 2002).

Quadro 1. Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats em trechos de bacias hidrográficas.

Localização:				
Data da Coleta:				Hora da Coleta:
Tempo (situação do dia):				
Modo de coleta (coletor):				
Tipo de ambiente: Córrego ( ) Rio ( )				Temperatura da água:
Profundidade:				Largura:
PARÂMETROS	**PONTUAÇÃO**			
	4 PONTOS	**2 PONTOS**		**0 PONTOS**
1. Tipo de ocupação das margens do corpo d'água (principal atividade)	Vegetação natural	Campo de pastagem/Agricultura/ Monocultura/ Reflorestamento		Residencial/ Comercial/ Industrial
2. Erosão próxima e/ou nas margens do rio e assoreamento em seu leito	Ausente	Moderado		Acentuado
3. Alterações Antrópicas	Ausente	Alterações de origem doméstica (esgoto, lixo)		Industrial/ urbana (fábricas, siderurgias, canalização, revitalização do curso do rio)
4. Cobertura vegetal no leito	Parcial	Total		Ausente
5. Odor da água	Nenhum	Esgoto (ovo podre)		Óleo/industrial
6. Oleosidade da água	Ausente	Moderada		Abundante
7. Transparência da água	Transparente	Turva/cor de chá-forte		Opaca ou colorida
PARÂMETROS	**PONTUAÇÃO**			
	5 PONTOS	**3 PONTOS**	**2 PONTOS**	**0 PONTOS**

8. Alterações no canal do rio	Canalização (retificação) ou dragagem ausente ou mínima: rio com padrão normal.	Alguma canalização presente, normalmente próximo a construção de pontes: evidência de modificação há mais de 20 anos.	Alguma modificação presente nas duas margens: 40 a 80% do rio modificado.	Margens modificadas: acima de 80% do rio modificado.
9. Características do fluxo das águas	Fluxo relativamente igual em toda a largura do rio: mínima quantidade de substrato exposta.	Lâmina d'água acima de 75% do canal do rio; ou menos de 25% do substrato exposto.	Lâmina d'água entre 25 e 75% do canal do rio, e/ou maior parte do substrato nos "rápidos" expostos.	Lâmina d'água escassa e presente apenas nos remansos.
10. Presença de mata ciliar	Acima de 90% com vegetação ripária nativa. Incluindo árvores, arbustos ou macrófitas: mínima evidência de deflorestamento; todas as plantas atingindo a altura "normal".	Entre 70 e 90% com vegetação ripária nativa: deflorestamento evidente, mas não afetando o desenvolvimento das plantas atingindo a altura "normal".	Entre 50 e 70% com vegetação ripária nativa: deflorestamento óbvio: trechos com solo exposto ou vegetação eliminada: menos da metade das plantas atingindo a altura "normal".	Menos de 50% da mata ciliar nativa: deflorestamento muito acentuado.
11. Estabilidade das margens	Margens estáveis: evidência de erosão mínima ou ausente; pequeno potencial para problemas futuros. Menos de 5% da margem afetadas.	Moderadamente catáveis; pequenas áreas de erosão frequentes. Entre 5 e 30% de margem com erosão.	Moderadamente instável; entre 30 e 60% da margem com erosão. Risco elevado de erosão durante enchentes.	Instável: muitas áreas com erosão; frequentes áreas descobertas nas curvas do rio; erosão óbvia entre 60 o 100% da margem.
12. Extensão de mata ciliar	Largura de vegetação ripária maior que 18 m: sem influência de atividades antrópicas (agropecuária, estradas, etc.)	Largura de vegetação ripária entre 12 e 18 m: mínima influência antrópica.	Largura de vegetação ripária entre 6 e 12 m: influência antrópica intensa.	Largura de vegetação ripária menor que 6 m: vegetação restrita ou ausente devido à atividade antrópica.
13. Extensão de mata ciliar	Largura de vegetação ripária maior que 18 m: sem influência de atividades antrópicas (agropecuária, estradas, etc.)	Largura de vegetação ripária entre 12 e 18 m: mínima influência antrópica.	Largura de vegetação ripária entre 6 e 12 m: influência antrópica intensa.	Largura de vegetação ripária menor que 6 m: vegetação restrita ou ausente devido à atividade antrópica.

Fonte: Adaptado de Callisto *et al*. (2002); Casatti *et al*. (2006a, b) e Duarte *et al*. (2015).

Resultados e Discussão

Caracterização biológica

Neste estudo, foram identificadas 12 espécies (Figuras 4, 5 e 6), distribuídas em nove gêneros, pertencentes a sete famílias e cinco formas biológicas (Tabela 1). A família mais representativa foi a Poaceae, com três espécies, seguida pelas famílias Onagraceae, Polygonaceae e a Pontederiaceae, com duas espécies cada. As famílias Araceae, Fabaceae e Salviniaceae foram as menos representativas, com uma espécie cada. A forma biológica mais comum foi a flutuante livre, com cinco espécies, seguida pelas formas flutuante fixa e emergente (quatro espécies), anfíbia (três espécies) e submersa fixa (uma espécie).

Tabela 1. Relação das espécies inventariadas na Ipueira, Xique-Xique, Médio São Francisco, Bahia, Brasil, com suas respectivas famílias e forma biológica.

Relação das espécies inventariadas	
Família/Espécie	**Forma biológica**
FAMÍLIA ARACEAE	
Pistia stratiotes L.	FL
FAMÍLIA FABACEAE	
Mimosa aff. *invisa* Mart. *ex* Colla	A
FAMÍLIA ONAGRACEAE	
Ludwigia helmintorrhiza (Mart.) Hara	FL
Ludwigia sp.	A
FAMÍLIA POACEAE	
Echinochloa aff. *polystachya* (H. B. K.) Hitchc	A, EM, FF e FL
Hymenachne aff. *amplexicaulis* (Rudge) Nees	EM e FF
Paspalum repens Berg.	FF
FAMÍLIA POLYGONACEAE	
Polygonum ferrugineum Wedd.	EM
Polygonum hispidum H. B. K.	EM
FAMÍLIA PONTEDERIACEAE	
Eichhornia crassipes (Mart.) Solms	FL
Eichhornia azurea (Sw.) Kunth	FF e SF
FAMÍLIA SALVINIACEAE	
Salvinia auriculata Aubl.	FL

Fonte: Dados da Pesquisa (2019). Forma biológica: A = anfíbia, EM= emergente, FF= flutuante fixa, FL = flutuante livre, SF= submersa fixa.

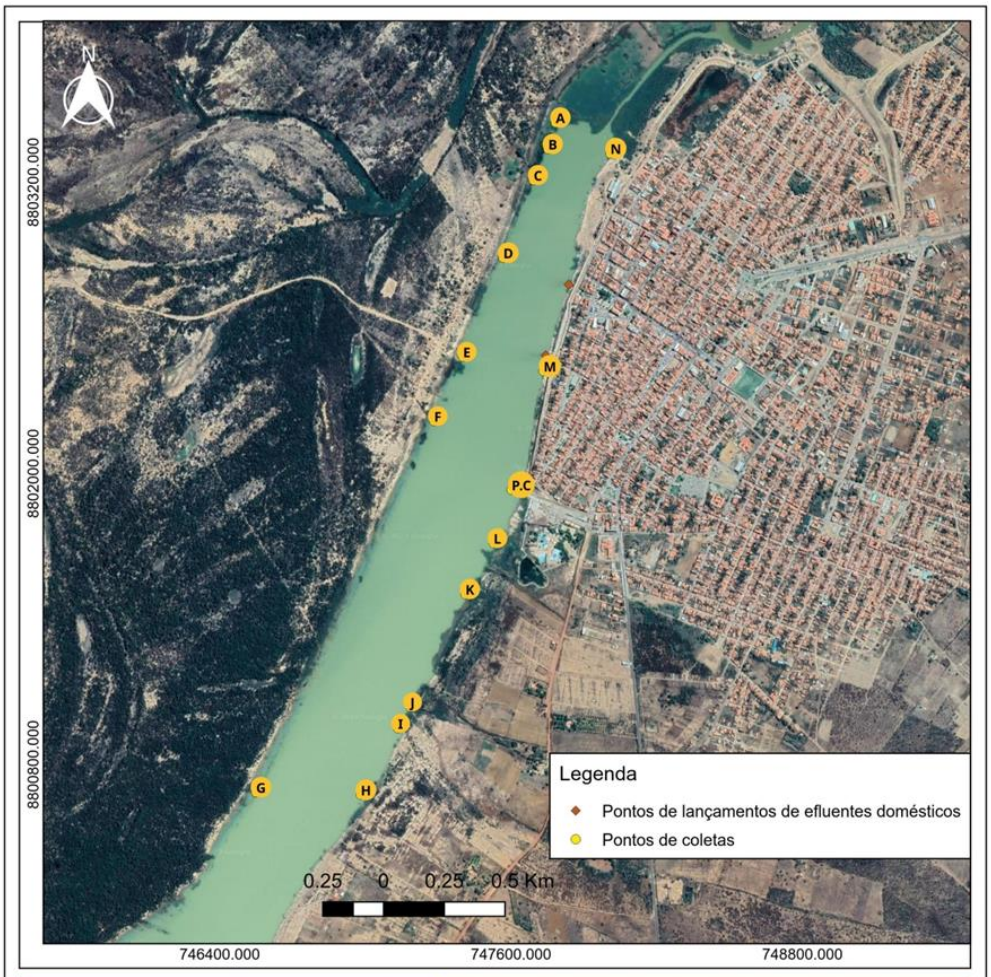
A forma biológica anfíbia, ou semi-aquática, representada principalmente por *Mimosa* aff. *invisa* (Figura 4, C-D) e *Ludwigia* sp. (Figura 4, G-H), desempenha um papel importante na proteção dos ambientes aquáticos. Essas espécies formam uma barreira natural que contribui para a função da mata ciliar (Figura 3), desempenhando um papel positivo para a Ipueira, especialmente considerando que boa parte de sua vegetação ripária foi retirada.

Figura 3. A. Presença de *Mimosa* aff. *invisa* submersa no ponto G, B. Presença de *Mimosa* aff. *invisa* emersa no ponto N da Ipueira, servindo como mata ciliar.

O crescimento da vegetação na interface terra-água influencia a hidrologia e a passagem de sedimentos de várias formas, colaborando para a redução da degradação do habitat e da poluição aquática. Os complexos de caules, folhas e raízes das plantas aquáticas nas margens funcionam como filtros, retendo sedimentos em suspensão (Dibble, 2005).

Figura 4. *Pistia stratiotes* L. – A. aspecto natural, B. realce. *Mimosa* aff. *invisa* Mart. ex Colla – C. aspecto natural, D. realce. *Ludwigia helmintorrhiza* (Mart.) Hara – E. aspecto natural, F. flor. *Ludwigia* sp. – G. aspecto natural, H. flor. *Echinochloa* aff. *polystachya* (H. B. K.) *Hitchc* – I. aspecto natural, J. realce. *Hymenachne* aff. *amplexicaulis* (Rudge) Nees – K. aspecto natural, L. realce.

A espécie *Pistia stratiotes* L. (Figura 4, A-B) conhecida popularmente como erva-de-santa-luzia, repolho-d'água, alface-d'água e golfi (Silva *et al*., 2013), é uma planta aquática flutuante livre. Na Ipueira, foi observada apenas no ponto K (Figura 5), em uma única ocorrência no mês de março. Segundo Pott e Pott (2000), a *Pistia stratiotes* é uma espécie pioneira que prefere águas paradas ou com pouca correnteza, geralmente água de chuva, pouco ácidas a neutras, com fundo orgânico, e vive semi-enraizada em lama úmida. Sua ausência ao longo do estudo pode ser explicada pelo pH elevado da área, que teve uma média de 7,72, ou seja, um pH básico. Além disso, o ponto K está localizado acima da área de despejo de esgoto e o nível da água começou a diminuir a partir de junho devido ao período de estiagem, o que impediu o contato da planta com o fundo orgânico e a lama úmida nos meses anteriores.



Nome dos Pontos de Coleta	Espécies Identificadas	Nome de espécies	
Ponto de Controle	Parâmetros	*Pistia stratiotes* L.	1
A	4.6.7.8.10.11.12	*Mimosa* aff. *invisa* Mart. ex Colla	2
B	4.6.8.9.10.11.12	*Ludwigia helmintorrhiza* (Mart.) Hara	3
C	4.5.6.8.9.10.11	*Ludwigia* sp.	4
D	4.6.7.8.9.10.11.12	*Echinochloa* aff. *polystachya* (H. B. K.) Hitchc	5
E	4.6.10.11.12	*Hymenachne* aff. *amplexicaulis* (Rudge) Nees	6
F	4.6.8.9. 10.11.12	*Paspalum repens* Berg.	7
G	2.6.10	*Polygonum ferrugineum* Wedd.	8
H	9.10	*Polygonum hispidum* H. B. K.	9
I	2.6.9.10.11.12	*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms	10
J	2.4.6.8.10.11.12	*Eichhornia azurea* (Sw.) Kunth	11
K	1.2.3.4.6.8.9.10.11.12	*Salvinia auriculata* Aubl.	12
L	2.3.6.8.9.10.11.12		
M	3.6.7.10.12		
N	2.5.6.9.10.11.12		

Projeção: (SRC) WGS 84 / Pseudo Mercator Autor: CARVALHO, 2019 Fonte: Google Earth (2019)

Figura 5. Mapa de localização das espécies de macrófitas aquáticas na Ipueira, Xique-Xique, Médio São Francisco, Bahia, Brasil.

De acordo com Pott e Pott (2000), essa macrófita tende a se proliferar após anos secos, quando há maior disponibilidade de nutrientes provenientes de material orgânico decomposto, sendo, portanto, um indicador de eutrofização e possuindo grande potencial de fitorremediação. Além disso, avança rapidamente e se fixa principalmente em águas poluídas e ricas em nutrientes. Quanto ao controle da *Pistia*, fatores abióticos parecem ser mais influentes do que fatores bióticos, como a herbivoria (Silva, 1981).

A *Mimosa* aff. *invisa* Mart. ex Colla (Figura 4, C-D), popularmente conhecida como calumbi-miúdo, ocorreu na Ipueira nos pontos G, I a L e N (Figura 5). Nos pontos G, I e N foi observada durante todo o período de estudo, sendo predominante no ponto G. Nos pontos J, K e L, surgiu na margem nos meses de abril, maio e junho, respectivamente, e manteve-se presente até o final do estudo. Esse comportamento está relacionado à variação do nível da água, pois trata-se de uma planta semi-aquática.

Muitas das espécies encontradas, como a *Mimosa* aff. *invisa*, apresentam potencial alimentício e forrageiro, podendo também ser utilizadas no reflorestamento, manejo de fragmentos florestais e em projetos paisagísticos, devido ao seu crescimento (Gama *et al*., 2013).

A *Ludwigia helmintorrhiza* (Mart.) Hara (Figura 4, E-F) é uma planta aquática flutuante livre com flutuadores esponjosos. Foi observada nos pontos K, L e M (Figura 5). No ponto K, apareceu no mês de março, com flores, e apresentou características típicas de ambientes sombreados e alagados. Em junho, sem flores, exibiu características de zonas ensolaradas, e foi a terceira espécie em termos de ascendência. Nos meses de julho e agosto, foi a espécie que mais se desenvolveu nesse ponto. No ponto L, surgiu apenas em maio, com florescência, mas não permaneceu nos meses seguintes, possivelmente devido ao pH básico da área. Já no ponto M, foi observada somente em agosto, ocupando o segundo lugar em termos de predominância.

Segundo Souza (2017), as características morfológicas das plantas podem variar dentro de uma mesma espécie, dependendo das condições em que os espécimes se desenvolvem. Indivíduos provenientes de zonas sombreadas e alagadas tendem a apresentar folhas maiores e mais esverdeadas, assim como caule e frutos mais desenvolvidos. Em contraste, plantas que crescem em áreas mais expostas ao sol têm folhas menores, com coloração arroxeada à marrom na face adaxial, e o caule e as cápsulas também apresentam tonalidades mais escuras, especialmente nas partes mais desenvolvidas.

O surgimento da *L. helmintorrhiza* nos pontos registrados na Ipueira do São Francisco pode estar relacionado a presença de efluente doméstico descartados na área. De acordo com Pott e Pott (2000), a frequência dessa planta aumenta com a adição de nutrientes e ela sobrevive em lama úmida, preferindo águas ligeiramente ácidas ou neutras, luz intensa, calor ou pleno sol, além de suportar certas perturbações. Essa espécie também tende a se proliferar após anos secos, quando se encontra em estágios pioneiros da sucessão ecológica, propagando-se por divisão de planta (pedaços de caule ou hastes), mas sua presença diminui com o avanço de camalotes e baceiros.

A *Echinochloa* aff. *polystachya* (H. B. K.) Hitchc (Figura 4, I-J) é um capim-aquático da várzea, perene, fixo ao substrato, que forma grandes agrupamentos monoespecíficos em rios férteis, como os rios de águas brancas, e em lagos marginais. Na Ipueira, foi observada nos pontos C e N (Figura 5). No ponto C, surgiu em maio, mas a maioria das plantas morreu em junho. Já no ponto N, predominou durante o mês de março, porém perdeu espaço para a *Hymenachne* aff. *amplexicaulis* que dominou a área, com a *Mimosa* aff. *invisa* sempre presente na margem. As perturbações externas, como a ausência de mata ciliar, erosão, assoreamento, práticas agrícolas, queimadas, além da turbidez no ponto C e a competição com outras espécies no ponto N, podem ter influenciado esse comportamento.

De acordo com Piedade (1993), o ciclo de vida da *Echinochloa* aff. *polystachya* é fortemente influenciado pela oscilação anual do nível hídrico, dividindo-se nas fases terrestre e aquática (anfíbia). A fase terrestre começa com a exposição dos sedimentos durante os períodos de águas baixas, quando, por meio dos talos da geração anterior, surgem brotos que se enraízam ao substrato e crescem

verticalmente. A fase aquática ocorre quando as plantas têm de 6 a 7 meses de idade, momento em que inicia a floração (de março a setembro). Após essa fase, o crescimento diminui, e as plantas começam a se acomodar na superfície da água. Ao final da seca, as raízes adventícias da parte superior da planta secam, e a porção basal apodrece em virtude das condições anóxicas da água.

Segundo Pott e Pott (2000), durante a cheia dos rios, a *Echinochloa* aff. *polystachya* (H. B. K.) Hitchc é uma das plantas aquáticas que mais rapidamente rebrotam e repovoam a área, em decorrência da sua via fotossintética do tipo C4. Nesse tipo de via, os compostos em C4 transportam o gás carbônico (CO_2) das células mesofílicas, em contato com o ar, para as células da bainha, que são os principais locais da fotossíntese (Beltrão; Oliveira, 2008). Essa planta é considerada chave nos grandes rios férteis da Amazônia, devido à sua elevada densidade, vigoroso crescimento e alta produtividade. Além de contribuir para a ciclagem de nutrientes e servir de alimento para os organismos aquáticos, como peixes, também desempenha um papel importante em outros ambientes aquáticos, sendo removida pelos ventos e correntes, e transportada pelos rios (Piedade, 1993).

A *Hymenachne* aff. *amplexicaulis* (Rudge) Nees (Figura 4, K-L) é uma planta aquática emergente ou flutuante fixa, perene, que pode ser ereta ou prostrada, com tamanho variável conforme o ambiente e a intensidade de pastejo (Pott; Pott, 2000). Popularmente conhecida como capim-capivara, é uma gramínea semi-aquática, estolonífera, que pode formar grandes agrupamentos em ambientes inundados e nas margens de rios nas regiões tropicais e subtropicais (Sturza *et al*., 2011).

Na área da Ipueira, essa espécie não foi registrada no ponto H (Figura 5). Por outro lado, foi dominante em todos os outros pontos de coleta, pelo menos em um dos meses, formando agrupamentos quase monoespecíficos em vários locais (E, I, L, M e N). Em outros pontos (A, B, C, D, F, G, J e K), esteve presente como um dos componentes da vegetação, o que corrobora os achados observados na Amazônia por Pott e Pott (2000).

Segundo Pott e Pott (2000), essa espécie se propaga por separação de touceiras, por nós enraizados ou por sementes. Sua presença pode ser reduzida em áreas com pastejo intenso, o que diminui sua frequência. Em contrapartida, ela tende a se expandir em locais onde não há presença de gado. Considerada invasora de canais, corpos hídricos, arroz irrigado e várzeas, essa gramínea é rica em proteína bruta (20%), o que a torna uma forrageira importante no Pantanal, sendo apreciada por bovinos, cavalos e capivaras. Além disso, pode ser usada como fonte de celulose para produção de papel fino.

A *Paspalum repens* Berg. (Figura 6, M-N), conhecida como capim-fofo, é uma planta flutuante fixa ou enraizada em brejos. Perene e estolonífera, é reconhecida pelas pintas roxas na bainha das folhas. Essa espécie é comum em rios, meandros, corixos e lagoas, especialmente em solos argilosos ou siltosos férteis. Na Ipueira, foi observada nos pontos A, D e M (Figura 5). No mês de março, esteve presente no ponto M, com ascensão, mas não se manteve nos meses seguintes, possivelmente devido às limpezas frequentes realizadas pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente nesse ponto. No ponto A, foi registra apenas em junho, enquanto que no ponto D, apareceu a partir de junho e permaneceu dominante até o mês de agosto.

Nas águas da Ipueira, assim como nas da Amazônia, essa planta é uma das aquáticas que mais rebrota e coloniza rapidamente durante o período de cheia. Na seca, pode sobreviver diminuindo de tamanho e tornando-se mais pilosa (Pott; Pott, 2000).

Figura 6. *Paspalum repens* Berg. – M. aspecto natural, N. realce. *Polygonum ferrugineum* Wedd. – O. aspecto natural, P. realce. *Polygonum hispidum* H. B. K. – Q. aspecto natural, R. realce. *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms – S. aspecto natural, T. flor. *Eichhornia azurea* (Sw.) Kunth – U. aspecto natural, V. flor. *Salvinia auriculata* Aubl. –W. aspecto natural, X. realce.

A *Paspalum repens* é considerada uma boa forrageira para peixes, capivaras e cervos, mas é pouco acessível ao gado. É apreciada por cavalos e vacas leiteiras, sendo indicada para engorda, embora seja pobre em proteína digestível, o que contrasta com as características geralmente associadas às gramíneas aquáticas. Seu "miolo" também é utilizado como isca para pescar peixes caracídeos. Além disso, essa planta serve de abrigo para pequenos animais e peixes, e é reconhecida por suas propriedades medicinais, especialmente por sua atividade diurética (Pott; Pott, 2000).

A *Polygonum ferrugineum* Wedd. (Figura 6, O-P), conhecida na região do Médio São Francisco como canabrava, ocorreu nos pontos A, B, C, D, F, J, K e L (Figura 5). A espécie esteve presente durante todos os meses nos pontos A, com predominância em março, nos pontos B e F, mantendo-se sempre predominando, embora em junho tenha apresentado uma considerável quantidade em senescência, certamente devido ao baixo nível da água. No ponto K, foi dominante em abril e junho, e no ponto L, predominou em março e maio. No ponto C, foi registrada apenas em agosto, com poucos espécimes, enquanto no ponto D, ocorreu com predominância em março, mas não foi observada nos meses seguintes, possivelmente devido às limpezas frequentes realizadas por ribeirinhos e pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente, que resultou no registro exclusivo de *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, com pequenos bancos de *Eichhornia azurea* (Sw.) Kunth e *Polygonum ferrugineum* na margem. No ponto J, a espécie apareceu em pequenas quantidades, misturada a outros macrófitas.

Ao longo dos meses amostrados, a *Polygonum ferrugineum* se manteve presente, com um aumento no número de espécimes entre março e junho, e uma diminuição entre julho e agosto. Essas observações corroboram com Melo (1996), que indicam que a espécie é comum em lagos e lagoas de

águas límpidas. Sempre associada a áreas úmidas, é encontrada em locais com mais de um metro de profundidade (Pereira *et al*., 2014).

A distribuição espacial dessa espécie na Ipueira foi influenciada pelas variações no nível da água ao longo dos meses, conforme já observado por Murillo (2018). Em seu estudo sobre a zonação das espécies *P. ferrugineum e Polygonum acuminatum* Kunth em lagoas da planície de inundação do Rio Paraná, o autor destaca que as flutuações no nível da água podem influenciar direta ou indiretamente a distribuição espacial de macrófitas emergentes que colonizam suas zonas litorâneas dessas lagoas, causando a zonação de espécies. As características principais que determinam a zonação são as tolerâncias ao estresse ambiental, como inundação, e a interação competitiva, que pode variar ao longo de um gradiente ambiental.

De acordo com Murillo (2018), a espécie *Polygonum ferrugineum* apresenta um comportamento de "quiescência", em que suas taxas de crescimento são drasticamente reduzidas, permitindo-lhe tolerar a inundação temporária. No entanto, a espécie é limitada às áreas mais profundas, onde a inundação é mais constante. Em condições favoráveis ela é capaz de lançar ramos plagiotrópicos sobre a coluna de água, colonizando profundidades maiores do que *P. acuminatum*.

Melo (1996) também destaca que a *P. ferrugineum* é uma das espécies mais comuns do gênero na Bahia, ocorrendo em todo o estado, especialmente na zona semiárida, e constantemente ao longo das margens de rios, lagos e lagoas. Sua distribuição se estende pela Região Nordeste do Brasil, bem como ao longo de rios, riachos e igarapés na Região Norte. No entanto, é ausente na Região Sul e rara nas regiões Sudeste e Centro-Oeste (Melo, 1996).

A *Polygonum hispidum* H.B.K. (Figura 6, Q-R), conhecida como erva-de-bicho, se reproduz tanto pela dispersão de sementes quanto por fragmentos do caule (Pott; Pott, 2000). Na Ipueira, as populações de *P. hispidum* e *P. ferrugineum* cresceram juntas em vários pontos amostrados (B, C, D, F, K e L) (Figura 5), o que foi também relatado por Melo (2000). A *Polygonum hispidum* apresenta ócreas com margem foliácea franjada e revoluta, além de uma planta toda híspido-pubescente, enquanto a *P. ferrugineum* possui ócrea com margem ferrugínea, truncada e nunca revoluta, e a planta é glabrescente. Além disso, a *P. hispidum* foi predominante ao longo de todo o período da pesquisa no ponto H, e nos pontos I e N esteve presente somente em julho (Figura 5), porém em pequenas populações.

Embora seja uma erva medicinal, usada como estimulante, diurética, vermífuga e no tratamento de úlceras e erisipela, a *P. hispidum* pode ser tóxica para os rins quando consumida em excesso. Também é utilizada na apicultura, na alimentação de aves (suas sementes e na produção de tabaco, pois suas folhas queimadas produzem um efeito de "embriaguez". Contudo, a planta pode causar a morte de peixes (Pott; Pott, 2000).

A *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms (Figura 6, S-T), conhecida como aguapé, ou golfi na região de Xique-Xique, é uma planta herbácea que se caracteriza pelo brotamento lateral de estolões. Suas folhas têm pecíolos inflados a partir da metade até a base, com sua parte interna constituída de tecido aerenquimatoso e a lâmina foliar é redonda e achatada, em forma de disco (orbicular) ou romboide-subarredondada. As flores são azuis ou arroxeadas, dispostas em espigas elegantes (Albuquerque, 1981). Sua forma biológica é flutuante livre, estolonífera e perene. O hábito e o tamanho da planta podem variar significativamente, parecendo até outra espécie, quando o pecíolo inflado desaparece e se torna ereto e mais comprido, especialmente quando a planta está enraizada ou adensada (Pott; Pott, 2000).

Na Ipueira, a *E. crassipes* esteve presente em todos os pontos amostrados (Figura 5), mas formou grandes populações apenas em março e abril. Nos outros meses, a espécie foi observada em pequenas populações na maioria dos pontos. A diminuição da população pode estar relacionada à redução do nível da água, pois entre maio e agosto, o nível da Ipueira começou a baixar, fazendo com que a planta ocorresse predominantemente em sua forma jovem, caracterizando um ressurgimento típico da espécie. A *E. crassipes* prefere águas rasas, onde suas raízes absorvem nutrientes do fundo, o que pode

explicar o seu aparecimento pela primeira vez na margem do ponto G em agosto, quando o nível da água estava no seu ponto mais baixo durante o período de coleta (Pott; Pott, 2000).

Nativa das regiões Amazônica e Pantanal, a *E. crassipes* foi inserida em várias outras regiões devido às suas flores ornamentais e tem se espalhado por áreas tropicais e temperadas ao redor do mundo (Faria; Amaral, 2005). Comum em campos alagados, lagos, furos, paranás e até no Rio Amazonas, onde forma enormes ilhas flutuantes, a planta se prolifera rapidamente devido à sua fácil propagação (Albuquerque, 1981). Ela se desenvolve bem em águas ricas em nutrientes, mas em águas ácidas e pobres, seu porte diminui e a florescência é reduzida.

A *E. crassipes* tem a capacidade de despoluir ambientes aquáticos por meio da fitorremediação, absorvendo metais pesados, como cádmio (Cd) e zinco (Zn), toxinas, nutrientes e sedimentos. No entanto, sua decomposição pode prejudicar a qualidade da água. A planta também pode ser usada para produzir álcool e metano em biodigestores, além de ser utilizada como biofertilizante e na ornamentação, devido possuir uma substância semelhante à celulose. Entretanto, é considerada uma das macrófitas invasoras mais problemáticas de represas, canais e rios, sendo temida em vários países, pois dificulta a navegação, domina as espécies nativas e até mata os peixes. Além disso, contribui para o aumento da evaporação em até sete vezes e serve como viveiro de mosquitos da malária e encefalite, além de hospedar caramujos de esquistossomose.

A *Eichhornia azurea* (Figura 6, U-V), conhecida em Xique-Xique-BA como golfi ou baronesa, é uma erva aquática flutuante, fixa ou livre, perene e rizomatosa. Na fase jovem, a planta é submersa fixa, apresentando folhas juvenis lineares. A *E. azurea* pode ser diferenciada da *E. crassipes* pelas pétalas de bordo serrilhado. Na Ipueira, foi registrada nos pontos A, B, C, D, E, F, I, J, K, L e N (Figura 5), entre os meses de maio e agosto. A espécie foi dominante no ponto C ao longo de todo o período amostrado, com aumento populacional em agosto. No entanto, sua população foi limitada na maioria do tempo, devido à competição com outras espécies, especialmente com *E. crassipes*.

Segundo Pott e Pott (2000), a *E. azurea* serve como habitat para jovens piranhas e outros peixes, como também para caranguejos e outros organismos aquáticos. É consumida por capivaras e porcos, e serve como forragem para bois e búfalos na Amazônia, embora com baixo valor nutritivo. Seus brotos tenros e flores são comestíveis, enquanto os pecíolos secos são utilizados na confecção de tapetes no artesanato de Corumbá-MS e também para fazer cordas, cortinas, cadeiras e trançados. A espécie é encontrada na América Tropical e Subtropical, desde o México até o Uruguai, abrangendo todo o Brasil, e também na África.

A *Salvinia auriculata* Aubl. (Figura 6, W-X), conhecida como orelha-de-onça, é uma samambaia aquática flutuante livre, com caule delgado. Sua reprodução ocorre tanto de forma sexuada, por meio de esporocarpos, quanto assexuada, por brotos rizomatosos (Teixeira, 2013). Seus esporos maturam entre julho e outubro (período seco), formando grandes quantidades de esporos que podem acumular-se sobre a água devido ao vento, criando uma camada castanha (Pott; Pott, 2000).

Na Ipueira, a *S. auriculata* foi registrada nos pontos A, B, D, E, F, I, J, K, L, M e N (Figura 5). A espécie esteve presente ao longo de todos os meses amostrados, mas inicialmente foi observada apenas em alguns pontos. A partir de junho, sua proliferação se estendeu para outros pontos e aumentou nas áreas onde já estava presente, possivelmente devido à redução no nível da água e ao seu período de maturação (julho a outubro).

Segundo Pott e Pott (2000), a *S. auriculata* é comum no Pantanal, onde muitas vezes é predominante, tanto em lagoas de águas pobres quanto em alagados com solos férteis. A planta prefere águas rasas com barro no fundo e matéria orgânica dissolvida. Seu controle biológico pode ser realizado com o uso do inseto *Cyrtobagous salviniae* Calder & Sands. Embora seja benéfica para a purificação e oxigenação da água, sua decomposição pode diminuir os níveis de oxigênio.

A *S. auriculata* também oferece abrigo para larvas de peixes, alevinos e serve como local para desova e ninho para bolhas de peixes. Além disso, fornece um habitat para outros organismos aquáticos, incluindo filhotes de jacarés que se camuflam nas plantas. Com 12% de proteína, a planta é

utilizada como forragem na alimentação de capivaras, insetos, caramujos, aves e peixes. Também pode ser usada como biofertilizante e cobertura morta em hortas e pomares (Pott; Pott, 2000).

Essa planta aquática é pioneira na sucessão de locais perturbados e pode dominar corpos hídricos após a seca, servindo de substrato para a colonização de outras espécies, como o *Oxycaryum cubense* Poepp. & Kunth Lye, sendo gradualmente substituída (Pott; Pott, 2000). Contudo, em muitos lugares, é considerada uma planta daninha devido à sua proliferação acelerada, podendo cobrir grandes áreas rapidamente (Teixeira, 2013). A espécie é encontrada em uma vasta área que inclui o México, Mesoamérica, Grandes Antilhas, Trinidad, Colômbia, Venezuela, Equador, Peru, Bolívia, Paraguai, Argentina, Chile e Brasil (Padro, 2006).

Diversidade específica e riqueza estimada

A diversidade específica constatada para a área de estudo foi de H'= 2,29 nats/ind, indicando uma diversidade média de espécies. A espécie mais frequente foi a *E. crassipes* (100%), seguida pela *Hymenachne* aff. *amplexicaulis* (93%). Por outro lado, *P. stratiotes* (8%) foi a única espécie rara, ocorrendo exclusivamente no primeiro mês de coleta (março). E observou-se um número relativamente elevado de espécies constantes (Figura 7).

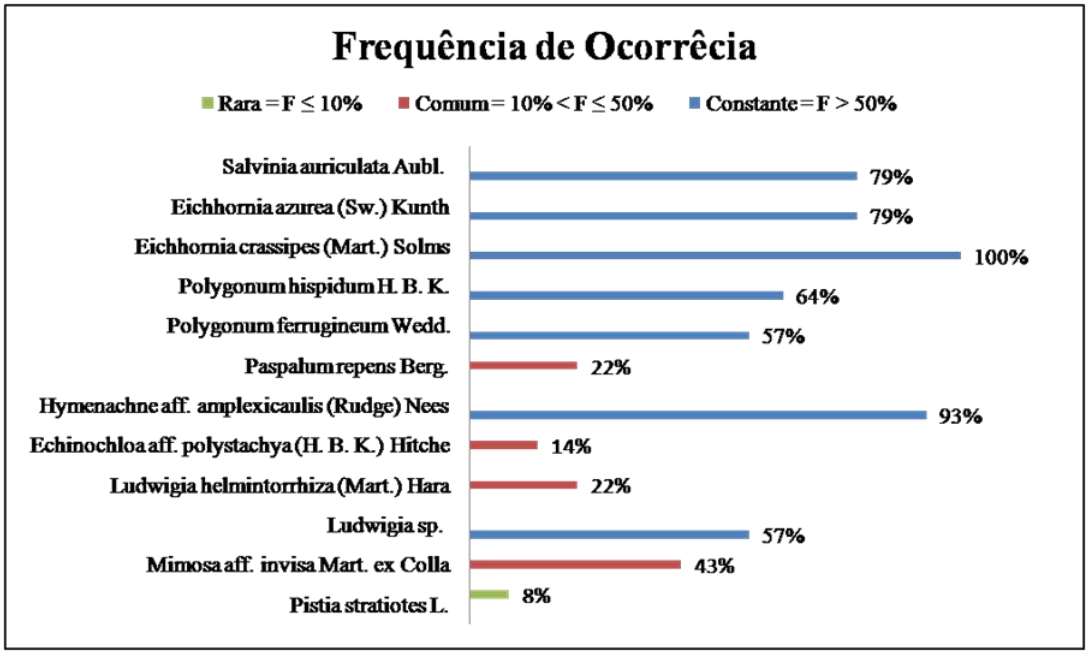


Figura 7. Frequência de ocorrência dos táxons de macrófitas aquáticas na Ipueira, Xique-Xique, Médio São Francisco, Bahia, Brasil.

Os resultados deste estudo revelaram uma frequência de ocorrência constante de macrófitas aquáticas, similar àquela observada por Moura Júnior *et al*. (2011) no reservatório de Sobradinho, no Nordeste do Brasil. Nesse estudo, oito espécies ocorreram nas três regiões do reservatório: *S. auriculata; P. repens; E. azurea; E. crassipes; P. ferrugineum; Ipomoea carnea* Jacq.; *Cyperus odoratus* L. e *Egeria densa* Planch., todas reconhecidas como espécies daninhas em ecossistemas aquáticos continentais.

A espécie *P. ferrugineum* foi constante ao longo do período de estudo; no entanto, a partir de junho, suas populações começaram a diminuir devido à senescência e morte, associadas à redução do nível d'água da Ipueira, resultante do período de estiagem na região (Figura 8).

Figura 8. A-B. Populações de *Polygonum ferrugineum* diminuídas devido à diminuição do nível d'água na Ipueira, Xique-Xique, Médio São Francisco, Bahia, Brasil.

As variações no nível da água podem resultar no acúmulo ou na redução de água, alterando o regime luminoso para as plantas submersas e diminuindo a cota da lâmina d'água, o que reduz a área potencial de colonização nos sedimentos, tanto para macrófitas emergentes quanto para submersas (Pompêo, 2008). Essas flutuações podem influenciar direta ou indiretamente a distribuição espacial das macrófitas emergentes que colonizam as zonas litorâneas, gerando uma zonação das espécies. Em um estudo realizado por Pott *et al*. (1989), foi observado que, à medida que o nível do rio diminui, a vegetação aquática marginal acompanha o recuo da água, por meio de uma sucessão de espécies.

Quanto à riqueza estimada, o ponto mais rico em espécies foi o K, que apresentou dez espécies, dentre as identificadas. Essa área é caracterizada por elevada intensidade luminosa e alta disponibilidade de nutrientes, em razão da proximidade do local de descarte inadequado de resíduos domésticos, hospitalares e do parque aquático. A presença de espécies como *E. crassipes, P. stratiotes e P. ferrugineum* é indicativo dessa fertilidade. Em contraste, o ponto H teve a menor riqueza estimada, sendo quase exclusivamente representado por *P. hispidum* (Figura 9). A riqueza de espécies pode ser influenciada por processos locais, como o surgimento de nutrientes, a estabilidade e declividade do sedimento, a intensidade do vento e a variação dos níveis hidrométricos (Thomaz; Bibi, 1998).

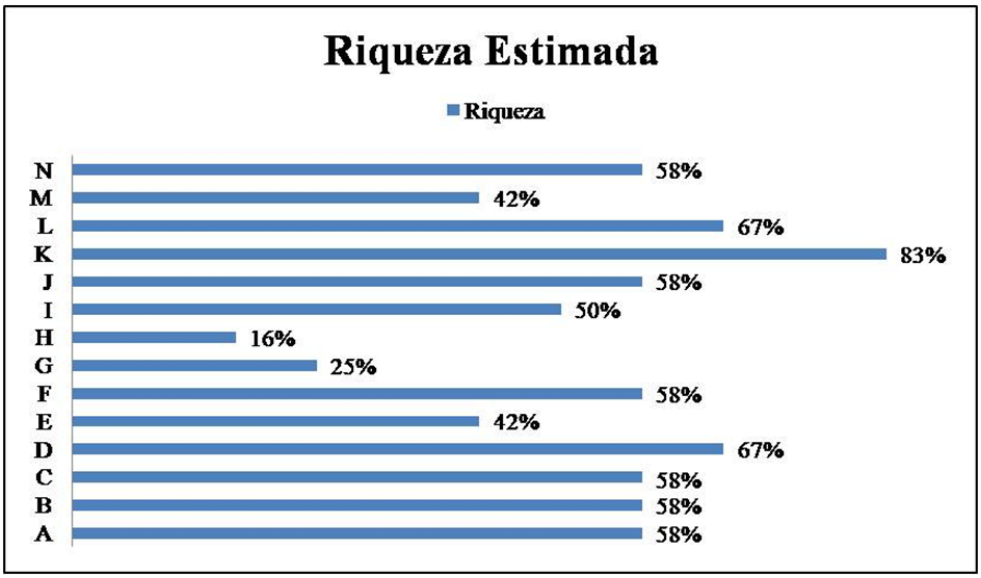


Figura 9. Riqueza estimada dos pontos de coleta na Ipueira, Xique-Xique, Médio São Francisco, Bahia, Brasil.

Considerando o tamanho do trecho estudado na Ipueira, a riqueza total encontrada é expressiva e semelhante a outros estudos realizados na Região Nordeste. Por exemplo, França *et al*. (2003) identificaram 121 espécies distribuídas em 46 famílias em diversos reservatórios do semiárido baiano, ao longo de diferentes estações do ano. Entre as espécies registradas, estavam *E. crassipes, H. amplexicauluis* (Rudge) Nees*, P. ferrugineum, P. hispidum e P. stratiotes*. Araújo *et al*. (2012) listaram 52 espécies pertencentes a 42 gêneros e 25 famílias, incluindo *E. azurea, E. crassipes, H. amplexicauluis, L. helmintorrhiza, P. ferrugineum, P. stratiotes e S. auriculata*. Além disso, Sabino *et al*. (2015) registraram 79 táxons pertencentes a 65 gêneros e 32 famílias, destacando a *E. crassipes, E. polystachya, H. amplexicaulis, P. ferrugineum, P. hispidum, e S. auriculata.*

As espécies *E. crassipes* (100% de frequência) e a *H. amplexicaulis* (93% de frequência) foram comuns em todos os três estudos mencionados, evidenciando sua capacidade de proliferação e permanência no ambiente aquático.

Análise dos parâmetros físico-químicos

Os padrões de qualidade da água são importantes indicadores para avaliar o estado de conservação ou poluição de corpos hídricos, além de possibilitarem comparações entre diferentes locais. No entanto, as condições naturais das bacias hidrográficas podem influenciar alguns parâmetros do índice de qualidade, o que pode levar a resultados incompatíveis com a realidade do corpo d'água em questão (Lopes; Magalhães, 2010).

De acordo com a Resolução nº 357 de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), rios de água doce classificados como Classe 2, os quais destinam-se ao abastecimento público após tratamento convencional, à proteção das comunidades aquáticas, à recreação de contato primário, à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas, e à criação de espécies destinadas à alimentação humana, devem atender aos seguintes parâmetros: pH entre 6,0 e 9,0; oxigênio dissolvido ≥ 5,0 mg L^{-1}; salinidade ≤ 0,5 °/oo; condutividade elétrica ≤ 100 µs cm^{-1}, além de apresentar temperatura e pressão atmosférica adequadas e boa transparência.

A média dos parâmetros físico-químicos analisados na Ipueira está dentro dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 357 (2005), exceto para o oxigênio dissolvido (OD) nos pontos A, C e N, e para a condutividade elétrica nos pontos E, H, I, J, K e M (Tabela 2).

Tabela 2. Média dos parâmetros físico-químicos analisados na Ipueira, Xique-Xique, Médio São Francisco, Bahia, Brasil no período de março a agosto de 2019.

	Parâmetros físico-químicos						
Pontos	**pH**	**Oxigênio dissolvido (mg L^{-1})**	**Salinidade (PSU[1])**	**Condutividade elétrica (µs cm^{-1})**	**T[2](°C)**	**Pressão atmosférica (Psi)**	**Transparência (cm)**
A	6,85	4,34	0,04	97,40	24,19	14,19	46,25
B	7,15	5,21	0,03	97,20	24,04	14,23	40,75
C	6,96	4,92	0,04	96,40	24,16	14,25	41,20
D	7,07	5,14	0,05	97,80	24,19	14,24	39,80
E	7,02	5,10	0,04	100,60	24,04	14,23	42,40
F	7,15	5,36	0,04	99,80	24,34	14,22	34,60
G	7,51	5,65	0,04	100,00	23,87	14,20	39,20
H	7,26	5,13	0,05	100,80	24,06	14,22	38,20
I	7,19	5,43	0,05	100,80	24,12	14,23	36,00
J	7,51	5,41	0,05	100,60	24,11	14,23	36,40
K	7,52	5,40	0,05	100,40	24,00	14,24	36,20
L	7,24	5,70	0,05	99,80	23,99	14,26	37,20
M	7,12	5,07	0,05	106,40	24,08	14,25	31,60
N	7,34	4,99	0,04	95,20	24,31	14,27	43,60
Controle	7,33	5,57	0,05	100,00	23,98	14,25	41,20

Fonte: Dados da pesquisa (2019). 1-Unidade prática de salinidade, 2-Temperatura.

Todos os pontos da Ipueira apresentaram pH dentro do intervalo aceitável para corpos hídricos de Classe 2. No entanto, os pontos A e C apresentaram as médias mais ácidas, com valores de 6,85 e 6,96, respectivamente. O ponto K, por outro lado, teve a média mais alta, com 7,52. A acidez no ambiente aquático (pH baixo) é geralmente causada pela presença de CO_2, ácidos minerais e sais hidrolizados. Além disso, mudanças no pH podem ocorrer devido à dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica e fotossíntese (Pereira, 2004).

Conhecer a interferência do pH nos ecossistemas aquáticos naturais é fundamental, em virtude de suas implicações sobre a fisiologia das diversas espécies. Além disso, o efeito indireto do pH é igualmente relevante, pois condições de pH específicas podem favorecer a precipitação de elementos químicos tóxicos, como metais pesados, enquanto outras condições podem influenciar a solubilidade de nutrientes essenciais (Marques *et al*., 2007).

Quanto ao oxigênio dissolvido (OD), observou-se que, entre os pontos amostrados na Ipueira, os pontos A (4,34 mg L^{-1}), C (4,92 mg L^{-1}) e N (4,99 mg L^{-1}) apresentaram concentrações abaixo do valor ideal, conforme a legislação brasileira. A quantidade de OD é um indicativo crucial da qualidade da água. Quando sua concentração fica abaixo dos níveis recomendados, pode comprometer significativamente a saúde do ecossistema aquático e inviabilizar o uso da água para diversas finalidades, como o abastecimento e atividades recreativas (Janzen *et al*., 2008).

As principais fontes de oxigênio para os corpos d'água são a atmosfera e a fotossíntese. Por outro lado, a redução de oxigênio ocorre devido à decomposição da matéria orgânica (oxidação), perdas para a atmosfera, respiração dos organismos aquáticos, nitrificação e oxidação química abiótica de substâncias, como íons metálicos (por exemplo, ferro (II) e manganês (II)) (Fiorucci; Benedetti Filho, 2005).

Em ambientes poluídos, onde substâncias orgânicas provenientes de resíduos animais, alimentos ou efluentes estão presentes, a demanda de oxigênio pode ultrapassar a solubilidade de equilíbrio do oxigênio na água. Nesses casos, a depleção de oxigênio ocorre rapidamente, a menos que a água seja continuamente aerada (Fiorucci; Benedetti Filho, 2005).

Em condições naturais, o oxigênio consumido nesses processos é equilibrado pela fotossíntese e pela aeração da água, proporcionada pelo fluxo das águas em cursos d'água rasos. No entanto, águas estagnadas ou em grandes profundidades geralmente apresentam níveis de oxigênio muito baixos, devido ao contato com a matéria orgânica no fundo e à lenta reposição de oxigênio. A difusão, um dos principais processos de reposição, é um método lento, o que dificulta a renovação do oxigênio nessas águas (Fiorucci; Benedetti Filho, 2005).

Em relação à salinidade, todos os pontos amostrados na Ipueira apresentaram valores dentro dos padrões legislados, com o valor mais alto sendo 0,05 PSU (nos pontos D, H, I, J, K, L, M e no controle) e o menor valor de 0,03 PSU (no ponto B). De acordo com Oliveira *et al*. (2010), em regiões semiáridas, a salinidade é mais significativa do que em outras localidades, pois essas regiões geralmente possuem condições hidrogeológicas que favorecem a presença de elevados níveis de sais nos corpos hídricos, além de altas taxas de evaporação. A água desses corpos hídricos é essencialmente utilizada para a dessedentação humana, o que coloca em risco a saúde das populações de cidades ribeirinhas e circunvizinhas, que frequentemente recorrem a águas poluídas ou salinizadas para suprir suas necessidades básicas.

Em relação à condutividade elétrica, os pontos E e J (100,6 µs cm^{-1}), H e I (100,8 µs cm^{-1}), K (100,4 µs cm^{-1}) e M (106,4 µs cm^{-1}) apresentaram valores acima do ideal, com o ponto M sendo o maior valor registrado, enquanto o ponto N teve o menor valor (95,2 µs cm^{-1}). A condutividade elétrica mede a capacidade de uma água conduzir eletricidade e aumenta proporcionalmente à concentração de sais dissolvidos. Assim, ela é frequentemente utilizada como indicador do nível de salinidade de um corpo d'água (Ribeiro *et al*., 2005).

Esta variável também pode contribuir para a identificação de impactos ambientais, especialmente os causados por lançamentos de resíduos industriais, efluentes de mineração, esgoto, entre outros. Contudo, vale ressaltar que a condutividade elétrica não fornece informações específicas sobre os íons presentes na água (Silva *et al*., 2010).

A condutividade elétrica pode ser influenciada pela temperatura e pela concentração total de substâncias ionizadas dissolvidas. Em águas com pH em extremos (pH > 9 ou pH < 5), a condutividade tende a ser determinada principalmente pela elevada acumulação de poucos íons em solução, sendo os mais comuns o H^+ e o OH^- (Silva *et al*., 2010).

Foi observado que o ponto M, além de ter registrado a maior condutividade elétrica, também apresentou um dos maiores valores de salinidade. Isso pode ser explicado pela presença de efluentes domésticos lançados sem tratamento adequado neste local, o que contribui para o aumento da concentração de sais e, consequentemente, da condutividade elétrica.

Em relação à temperatura, a Resolução CONAMA n° 357 (2005) não especifica um valor padrão, o mesmo ocorre para a pressão atmosférica e transparência da faixa d'água. Nos pontos amostrados da Ipueira a temperatura variou entre 23,87°C e 24,34°C, a qual é definida como a quantidade de calor presente em um corpo em equilíbrio termodinâmico (Percebon *et al*., 2005). Ela interfere em diversos processos que ocorrem nos ambientes aquáticos, como a cinética das reações químicas, a atividade microbiológica e as características físicas do meio (Pereira, 2004). Quando a variação da temperatura de um corpo hídrico é suficientemente significativa para alterar sua qualidade, esse fenômeno é classificado como poluição térmica (Percebon *et al*., 2005).

A temperatura das águas superficiais pode ser alterada por fatores naturais, como latitude, altitude, estação do ano, circulação do ar, cobertura de nuvens, vazão e profundidade do corpo hídrico. Além disso, a temperatura também pode ser modificada por processos antrópicos diretos, como o lançamento de efluentes com temperaturas diferentes do corpo receptor, o calor gerado pela oxidação de cargas poluentes ou, indiretamente, pelo represamento das águas e pelos desmatamentos na área de drenagem (Percebon *et al*., 2005).

Quanto a pressão atmosférica, na Ipueira, sua média variou entre 14,19 e 14,27 Psi, sendo influenciada pela profundidade da água. A pressão atmosférica representa o peso exercido por uma coluna de ar com seção reta de área unitária, correspondendo ao peso que a atmosfera exerce sobre a superfície terrestre. A temperatura é um dos principais fatores que alteram a pressão atmosférica, já que, quando o ar esfria, a pressão tende a aumentar, enquanto o aumento da temperatura provoca uma diminuição na pressão atmosférica. Praticamente todas as variáveis meteorológicas estão associadas à pressão atmosférica (Sousa *et al*., 2015).

Em relação à transparência da faixa d'água, esse parâmetro reflete a visibilidade da água, que pode variar de apenas alguns centímetros até dezenas de metros, sendo inversamente relacionada à turbidez do ponto de vista óptico (Esteves, 2011). Com a utilização de um disco de Secchi, com diâmetro de 20 a 30 cm, é possível determinar a profundidade na qual o padrão gráfico do disco, pintado de preto e branco, não pode mais ser detectado a olho nu. Isso indica o ponto em que a reflexão da luz na superfície do disco é afetada pelas características de absorção da água e pela presença de matéria orgânica particulada e dissolvida (Leite *et al*., 2017).

Nos pontos amostrais de transparência da Ipueira, o ponto A apresentou a maior média de transparência (46,25 cm), enquanto o ponto M teve a menor (31,6 cm). Observou-se que, ao decorrer dos meses de coleta, os valores da transparência diminuíram na maioria dos pontos, principalmente nas áreas da margem direita, localizados mais próximos da montante. Essa redução pode ser atribuída ao baixo nível da água, o que resulta em menor dissolução de sólidos na água.

Os principais componentes responsáveis pelas propriedades ópticas da água incluem material orgânico e inorgânico dissolvido, material particulado e em suspensão, fitoplâncton e macrófitas aquáticas. Esses componentes atuam como agentes dispersores e absorvedores de radiação,

influenciando a transmissão de radiação eletromagnética através da coluna d'água e, por consequência, a produtividade primária (Noernberg *et al*., 1996).

Integridade dos pontos amostrados

Por meio da análise realizada com o Protocolo de Avaliação Rápida (PAR), obteve-se as pontuações das margens direita e esquerda, que totalizaram 16 e 33 pontos, respectivamente. Assim, foi possível constatar que ambas as margens estão impactadas, sendo a margem direita a mais afetada. Esses impactos são evidentes em toda a área de estudo, destacando-se as margens erodidas, o leito assoreado, a quase inexistência de mata ciliar, o acúmulo de resíduos sólidos nas margens, o despejo inadequado de efluentes domésticos no corpo d'água, além da prática de atividades agrícolas, pecuárias e de piscicultura, que contribuem para os danos observados na Ipueira.

Esses impactos decorrem da ocupação inadequada das margens e das ações antrópicas, especialmente na margem direita, onde está localizada a zona urbana de Xique-Xique-BA. Nessa área, o efluente produzido é despejado diretamente na Ipueira do Rio São Francisco, sem nenhum tipo de tratamento prévio (Figura 10). Duarte *et al*. (2015) observaram, por meio do PAR, que fatores antrópicos influenciam a riqueza de espécies, destacando que a ausência de mata ciliar e a presença de habitações, lavouras, esgotos e resíduos depositado nas margens são as principais causas dos baixos valores nos parâmetros avaliados.

Figura 10. Despejo do efluente doméstico de Xique-Xique-BA na Ipueira do Rio São Francisco, sem nenhum tipo de tratamento prévio.

Quando não há uma rede coletora de efluentes, é comum que a população recorra ao uso de fossas sépticas, conecte diretamente à rede pluvial ou descarte os efluentes em valões, córregos ou rios. Essas práticas, contudo, contribuem para a contaminação do meio ambiente e geram sérios riscos à saúde pública (Freitas *et al*., 2016).

Além disso, na margem direita da Ipueira, a área de preservação permanente, que deveria constar a mata ciliar, está urbanizada. Nessa área, encontram-se imóveis comerciais, como o Mercado de Peixe de Xique-Xique, residências, oficinas automobilísticas, além de habitações precárias, currais de bovinos e caprinos, que são trazidos das ilhas e aguardam transporte. Há também intenso movimento de pescadores e ribeirinhos que utilizam a Ipueira como fonte de renda e como rota de deslocamento entre a cidade, outras localidades ribeirinhas e a zona rural (Figura 11).

Figura 11. A. Mercado de peixes e residências, B. currais, C – D trânsito livre de pescadores e pessoas ribeirinhas embarcando na margem direita da Ipueira, Xique-Xique, Média São Francisco, Bahia, Brasil.

Na margem direita da Ipueira, em frente ao ponto de controle (leito da Ipueira), foi observado que é comum a lavagem de veículos e animais, como cavalos, sem qualquer precaução sanitária ou ambiental. Aproximadamente 100 metros acima do ponto H, há um cultivo de peixes em tanques-rede, que, no entanto, diminuiu a produção três meses antes da conclusão da pesquisa. Todo ou grande parte do resíduo gerado nesses locais acaba sendo lixiviado ou lançado diretamente no corpo d'água (Figura 12).

Figura 12. A. Lavagem de carro em frente ao ponto de controle, B. Criação de peixes em tanques redes, 100 m acima do ponto H na Ipueira, Xique-Xique, Médio São Francisco, Bahia, Brasil.

A expansão da aquicultura, associada à produção de biomassa e ao aumento de nutrientes no meio aquático, pode acelerar a produtividade de algas, alterando a ecologia dos sistemas aquáticos. Além disso, a água proveniente desses efluentes pode representar risco à saúde, uma vez que pode transferir patógenos originados de estercos, resíduos vegetais, material compostado e outros, que são fontes de resíduos orgânicos em alguns sistemas de criação (Macedo; Tavares, 2010).

Esses procedimentos de ocupação do solo, juntamente com o crescimento urbano e populacional, sem a devida infraestrutura e planejamento, resultam em degradação ambiental progressiva e em agressões duradouras aos corpos hídricos. As áreas rurais, ao longo do tempo, têm sido transformadas

em áreas urbanas, o que provoca uma crescente proximidade da zona urbana com os recursos naturais, levando à ocupação indiscriminada tanto de áreas naturais quanto de espaços artificiais (Araújo, 2013).

Na margem esquerda da Ipueira, encontra-se uma comunidade rural que desenvolve atividades de pecuária e agricultura, resultando na remoção da mata ciliar. No entanto, em direção à montante, a vegetação ciliar permanece menos alterada.

O consumo mundial de água, impulsionado pelo aumento da produção agrícola e pecuária, extrapola as necessidades domésticas e tem gerado impactos ambientais consideráveis, incluindo o desperdício de água e a degradação de recursos hídricos. A atividade agropecuária tem um papel crucial na gestão dos recursos hídricos, levando em conta aspectos quantitativos e qualitativos do uso da água. No entanto, os impactos ambientais dessa atividade incluem desmatamentos, queimadas, remoção de vegetação e problemas relacionados ao consumo e manuseio inadequado da água. Além disso, a contaminação das águas por agrotóxicos é uma preocupação grave, pois esses produtos são altamente cancerígenos e mutagênicos, o que pode resultar no aumento de diferentes tipos de câncer, especialmente devido ao uso de produtos geneticamente modificados (Souza; Ghilardi, 2017).

Considerações finais

Os dados apresentados indicam que a Ipueira do Rio São Francisco se encontra em um estado de desequilíbrio ambiental e sanitário, principalmente devido às ações antrópicas resultantes da ocupação inadequada das suas margens e do uso incorreto de suas águas. Essas atividades têm causado sérios danos ao corpo hídrico, sendo o lançamento de efluentes domésticos não tratados o fator mais prejudicial. Esse lançamento acelera o processo de eutrofização, favorecendo a proliferação das macrófitas aquáticas, cuja presença tem aumentado de forma preocupante nesse ambiente aquático.

Portanto, é urgente a adoção de medidas corretivas por parte do poder público e da população de Xique-Xique para reverter esse quadro. As ações prioritárias devem incluir a adequação da rede de esgoto, a construção de uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) e a recuperação da mata ciliar, a fim de restabelecer a saúde e qualidade ambiental da Ipueira.

Agradecimentos

As autoras agradecem ao Programa de Iniciação Científica da Universidade do Estado da Bahia (PICIN/UNEB) pela concessão da bolsa de Iniciação Científica à primeira autora e ao Departamento de Ciências Humanas e Tecnologias (UNEB/DCHT XXIV), Campus Universitário Professor Gedival Sousa Andrade, Xique-Xique, pela infraestrutura disponibilizada e suporte durante o período de realização deste trabalho.

Referências

ALBUQUERQUE, B. W. P. Plantas forrageiras da Amazônia. I- Aquáticas Flutuantes Livres. **Acta Amazonica**, 11 (3): 457-471, 1981. Disponível em: https://www.scielo.br/j/aa/a/LwSJPLSL8TTLgpgb4sjyKSC/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 27 set.

ARAÚJO, E. S.; SABINO, J. H. F.; COTARELLI, V. M.; S. FILHO, J. A.; CAMPELO, M. J. A. Riqueza e diversidade de macrófitas aquáticas em mananciais da Caatinga. **Diálogos & Ciência**, 10 (32): 229-232, 2012. Disponível em: https://crad.univasf.edu.br/arquivos/artigos/2.Araujo_229-232_27.pdf. Acesso em: 16 nov.

ARAÚJO, O. C. **Análise de uso e ocupação do solo nas margens dos açudes recreio e penedo em Caicó/RN**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação), Universidade Federal do Rio Grande do Norte–UFRN. Caicó, RN, p. 13-44, 2013. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/42825. Acesso em: 26 out.

BAGLIANO, R. V. Principais Organismos Utilizados como Bioindicadores Relatados com uso de Avaliadores de Danos Ambientais. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, 2 (1): 24-40, 2012. Disponível em: https://www.revistasuninter.com/revistameioambiente/index.php/meioAmbiente/article/view/113. Acesso em: 30 mai.

BARRETO, L. V.; BARROS, F. M.; BONOMO, P.; ROCHA, F. A.; AMORIM. J. S. Eutrofização em rios brasileiros. **Enciclopédia Biosfera**, 9 (16): 2165-2179, 2013. Disponível em: https://www.conhecer.org.br/enciclop/2013a/biologicas/EUTROFIZACAO.pdf. Acesso em: 09 mai.

BELTRÃO, N. E. M.; OLIVEIRA, M. I. P. Diferenciação na produção de energia entre oleaginosas (metabolismo C3) e energéticas (C4). **Embrapa Algodão***.* Documentos*, 198*. Campina Grande, PB, p. 30, 2008. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/277914/1/DOC198.pdf. Acesso em: 09 out.

BEYRUTH, Z. Macrófitas aquáticas de um lago marginal ao rio Embu-mirim, São Paulo, Brasil. **Revista Saúde Pública**, 26 (4): 272-282, 1992. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rsp/a/s8hrKMLPhFx3sDSJ7zpDTkC/?lang=pt. Acesso em: 13 set.

CAETANO, D. L. F. **Conservação de recursos hídricos: a percepção de alunos de ensino médio no município de Jacarezinho, Paraná***.* Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização), Universidade Tecnológica Federal do Paraná-UTFPR. Ibaiti, PR, 2013. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/22038. Acesso em: 26 abr.

CALLISTO, M.; FERREIRA, W. R.; MORENO, P.; GOULART, M.; PETRÚCIO, M. Aplicação de um protocolo de avaliação da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). **Acta Limnologica Brasiliensia**, 14 (1): 91-98, 2002. Disponível em: https://actalb.org/article/627b10d8782aad05cb235d75/pdf/alb-14-1-91.pdf. Acesso em: 05 jul.

CASATTI, L.; LANGEANI, F.; SILVA, A. M.; CASTRO, R. M. C. Stream fish, water and habitat quality in a pasture dominated basin, southeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, 66 (2b): 681-696, 2006a. Disponível em: https://www.scielo.br/j/bjb/a/HfPcHnYfbj7btXx7YS9QBwR/?format=pdf&lang=en. Acesso em: 06 jul.

CASATTI, L.; LANGEANI, F.; FERREIRA, C. P. Effects of physical habitat degradation on the stream fish assemblage structure in a pasture region. **Environmental management**, 38 (6): 974-982, 2006b. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s00267-005-0212-4. Acesso em: 06 jul.

CASTRO, C. N.; PEREIRA, C. N. Revitalização do Rio São Francisco**. Boletim regional, urbano e ambiental**, 17 (sn): 70-76, 2017. Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8157/1/BRU_n17_Revitaliza%C3%A7%C3%A3o.pdf. Acesso em: 17 abr.

Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução n° 357, de 17de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília: DOU nº 053, de 18/03/2005, p. 58-63. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_

classificacao_corpos_agua_rtfcda_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf. Acesso em: 18 out.

DIBBLE, E. D. O papel ecológico das plantas aquáticas nos corredores de biodiversidade. **Caderno da Biodiversidade**, 5 (1): 4-13, 2005. Disponível em: http://arquivos.info.ufrn.br/arquivos/20122200931acb959492a1790885d6f2/2005_CadernosdaBiodiversidade_Pintoetal.pdf. Acesso em: 23 set.

DUARTE, G. S. V.; POTT, V. J.; LEMKE, A. P.; SÚAREZ, Y. R. Efeito das características ambientais sobre a riqueza e composição de macrófitas aquáticas em córregos urbanos. **Revista Ciência e Natura**, 37 (4): 74-94, 2015. Disponível em: https://www.redalyc.org/pdf/4675/467546194008.pdf. Acesso em: 05 jun.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 826p.
FARIA, A. D.; AMARAL, M. C. Pontederiaceae. *In:* Wanderley, M. G. L.; SHEPHERD, G. J.; MELHEM, T. S.; MARTINS, E. E.; KIRIZAWA, M.; GIULIETTI, A. M. (eds.). **Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto de Botânica, v. 4, p. 325-330, 2005.

FRANÇA, F.; MELO, E.; GÓES NETO, A.; ARAÚJO, D.; BEZERRA, M. G.; RAMOS, H. M.; CASTRO, I.; GOMES, D. Flora vascular de açudes de uma região do semi-árido da Bahia, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, 17 (4): 549-559. 2003. Disponível em: https://www.scielo.br/j/abb/a/nqk8wqQFH4YMcDKmyKV4M4H/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 15 out.

FREITAS, L. S.; SILVA, J. C.; OLIVEIRA, R. S. A falta de saneamento e o impacto ambiental em rios urbanos. *In:* Anais do XX Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XVI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação e VI Encontro de Iniciação à Docência. Paraíba: UNIVAP, p. 1-6, 2016. Disponível em: https://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2016/anais/arquivos/0678_0862_02.pdf. Acesso em: 30 out.

FIDALGO, O.; BONONI, V. L. R (Org.). **Técnicas de coleta, preservação e herborização de material botânico**. São Paulo: Instituto de Botânica, n. 4, p.1-62, 1984.

FIORUCCI, A. R.; BENEDETTI FILHO, E. A Importância do Oxigênio Dissolvido em Ecossistemas Aquáticos. **Química Nova na Escola**, (22):10-16, 2005. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc22/a02.pdf. Acesso em: 08 ago.

GAMA, R. C.; APARÍCIO, W. C. S.; ESTIGARRIBIA, F.; GALVÃO, F. G.; FIGEIREDO, K. C. E. S. **Distribuição espacial da família Fabaceae na Universidade Federal do Amapá**. *In:* Anais *do I CONICBIO / II CONABIO / VI SIMCBIO*. Macapá: UNICAP, p. 1-12, 2013. Disponível em: http://www.unicap.br/simcbio/wp-content/uploads/2014/09/DISTRIBUI%C3%87%C3%83O-ESPACIAL-DA-FAM%C3%8DLIA-FABACEAE-NA-UNIVERSIDADE-FEDERAL-DO-AMAP%C3%81.pdf. Acesso em: 07 set.

JANZEN, J. G.; SCHULZ, H. E.; LAMON, A. G. Medidas da Concentração de Oxigênio Dissolvido na Superfície da Água. **Engenharia Sanitária Ambiental**, 13 (3): 278-283, 2008. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S1413-4152200800030000. Acesso em: 27 out.

LEITE, R. A.; ABREU, P. C.; SENS, D. R. **Avaliação dos parâmetros de qualidade da água em viveiros escavados utilizados no cultivo de tambaqui (*Colossoma macropomum*)**. *In:* Anais do VIII Jornada Iniciação Científica e Extensão. Tocantins: IFTO, 2017. Disponível em: https://propi.ifto.edu.br/index.php/jice/8jice/paper/view/8424/3906. Acesso em: 03 nov.

LIMA, E. J. **Composição e Distribuição de Comunidades de Plantas Aquáticas em duas Lagoas no Pantanal Goiano, Flores de Goiás, Brasil**. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília. Brasília, DF, 2011. 56 p. Disponível em: http://icts.unb.br/jspui/bitstream/10482/8578/3/2011_ElizangeladeJesusLima.pdf. Acesso em: 17 abr.

LOBO, E.; LEIGHTON, G. Estructuras comunitarias de las fitocenosis planctónicas de los sistemas de desembocaduras de rios y esteros de la Zona Central de Chile. **Revista Biología Marina**, 22 (1): 1-29, 1986. Disponível em: https://revbiolmar.uv.cl/escaneados/221-1.pdf. Acesso em: 13 jun.

LOPES, F. W. A.; MAGALHÃES A. P. **Condições naturais de pH em águas superficiais e sua interferência sobre o Índice de Qualidade das Águas (IQA): estudo de caso na bacia do Ribeirão de Carrancas/MG**. *In:* Anais do VIII SINAGEO; I Encontro Íbero-Americano de Geomorfologia; III Encontro Latino Americano de Geomorfologia e I Encontro Íbero-Americano do Quaternário. Recife, PE, p. 1-17, 2010. Disponível em: https://www.ugb.org.br/viii_sinageo/. Acesso em: 20 out.

MACEDO, C. F; TAVARES, L. H. S. Eutrofização e Qualidade da Água na Piscicultura: Consequências e Recomendações. **Boletim do Instituto de Pesca**, 36 (2): 149–163, 2010. Disponível em: https://www.pesca.agricultura.sp.gov.br/boletim/index.php/bip/article/view/911/892. Acesso em: 03 nov.

MARQUES, M. N.; COTRIM, M. B.; PIRES, M. A. F.; BELTRAME-FILHO, O. Avaliação do impacto da agricultura em áreas de proteção ambiental, pertencentes à bacia hidrográfica do Rio Ribeira de Iguape, São Paulo. **Química Nova**, 30 (5): 1171-1178, 2007. Disponível em: https://www.scielo.br/j/qn/a/9kHM57Rqdsd3KZ4hfjccQNB/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 27 out.

MELO, E. O gênero *Poluygonum L.* (Polygonaceae) no Estado da Bahia, Brasil. **Revista Sitientibus**, (14): 45-55, 1996. Disponível em: https://periodicos.uefs.br/index.php/sitientibus/article/view/9967. Acesso em: 04 out.

MELO, E. Polygonaceae da cadeia do espinhaço, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, 14 (3): 273-300. 2000. Disponível em: https://www.scielo.br/j/abb/a/p47KQNTwGxHjhWb6SCSDyPR/?format=pdf&lang=pt. Acesso: 12 out.

MORAES, D. S. de L.; JORDÃO, B. Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Revista Saúde Pública**, 36 (3): 370-374, 2002. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rsp/a/qNPRVprxpJZq9bpRKmwRTYC/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 15 abr.

MOURA JÚNIOR, E. G.; ABREU, M. C.; SEVERI, W.; LIRA, G. A. S. T. O gradiente rio-barragem do reservatório de Sobradinho afeta a composição florística, riqueza e formas biológicas das macrófitas aquáticas?. **Rodriguésia**, 62 (4): 731-742. 2011. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rod/a/nDQZQ5ZcrgygRryQjK7KjrF/abstract/?lang=pt. Acesso em: 17 set.

MURILLO, R. A. **Respostas de duas espécies de macrófitas do gênero *Polygonum* à flutuação dos níveis de água e à competição interespecífica**. Dissertação (Mestrado) – UEM. Maringá-PR, 2018. 28 p. Disponível em: http://repositorio.uem.br:8080/jspui/bitstream/1/6864/1/Murillo-Raytha%20de%20Assis-ME-2018.pdf. Acesso em: 30 out.

NOERNBERG, M. A.; CALTABIANO, A. C. V.; FERREIRA, E. M. V. M.; GONÇALVES JÚNIOR, J. D. C.; DORIA, C. R. C. **Relação entre profundidade Secchi e fator de reflectância da água de ambientes aquáticos lênticos em Cachoeira Paulista, SP**. *In:* Anais do VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Salvador: INPE, p. 933-939, 1996. Disponível em: http://marte.dpi.inpe.br/col/sid.inpe.br/deise/1999/02.01.11.15/doc/T222.pdf. Acesso em: 20 set.

OLIVEIRA, C. N.; CAMPOS, V. P.; MEDEIROS, Y. D. P. Avaliação e identificação de parâmetros importantes para a qualidade de corpos d'água no Semiárido Baiano. **Química Nova**, 33 (5): 1059-1066, 2010. Disponível em: https://www.scielo.br/j/qn/a/q8fQVNC6cCPQDGWhhHPj9Rg/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 05 nov.

PADRO, J. Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP. **Hoehnea**, 33 (1):107-110, 2006. Disponível em: http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/hoehnea/2016/12/331_T07_27_07_2015.pdf. Acesso em: 03 set.

PERCEBON, C. M.; BITTENCOURT, A. V. L.; FILHO, E. F. R. Diagnóstico da temperatura das águas dos principais rios de Blumenau, SC. **Editora UFPR: Boletim Paranaense de Geociências**, (56): 7-19, 2005. Disponível em: https://doi.org/10.5380/geo.v56i0.4904. Acesso em: 06 nov.

PEREIRA, R. S. Poluição Hídrica: Causas e Consequências. **Revista Eletrônica de Recursos Hídricos**, 1 (1): 20-36, 2004. Disponível em: https://www.vetorial.net/~regissp/pol.pdf. Acesso em: 17 out.

PEREIRA, S. B.; PRUSKI, F. F.; SILVA, D. D.; RAMOS, M. M. Estudo do comportamento hidrológico do Rio São Francisco e seus principais afluentes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 11 (6): 615–622, 2007. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/gVLs39PxdJwkNJQJvWtvsJF/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 14 abr.

PEREIRA, P. E. E.; BAUERMANN, S. G.; HEFLER, S. M. Estudo do gênero *Polygonum* L. (Polygonaceae) em áreas úmidas do extremo sul do Brasil. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande–FURG. Rio Grande, RS, 2014, 63 p. Disponível em: https://sistemas.furg.br/sistemas/sab/arquivos/bdtd/0000011109.pdf. Acesso em: 13 out.

PIEDADE, M. T. F. Biologia e ecologia de *Echinochloa polystachya* (H.B.K.) *Hitchcock* (GRAMINEAE = POACEAE), capim semi-aquático da várzea amazônica**. Acta Limnologica Brasillensia**, 6 (sn): 173-185, 1993. Disponível em: https://repositorio.inpa.gov.br/bitstream/1/20876/1/artigo-inpa.pdf. Acesso em: 15 out.

Plano Territorial de Desenvolvimento Sustentável–PTDS. **Território da Cidadania Velho Chico – Bahia**. Bahia, 2ª Edição [s.n.] – Novembro de 2010. Disponível em: http://sit.mda.gov.br/download/ptdrs/ptdrs_qua_territorio102.pdf. Acesso em: 12 nov.

POMPÊO, M. Monitoramento e manejo de macrófitas aquáticas. **Oecologia Brasiliensis***,* 12 (3): 406-424, 2008. Disponível em: https://revistas.ufrj.br/index.php/oa/article/download/5734/4320. Acesso em: 16 ago.

POTT, V. J.; BUENO, N. C.; PEREIRA, R. A. C.; SALIS, S. M.; VIEIRA, N. L. Distribuição de macrófitas aquáticas numa lagoa na fazenda Nhumirim, Nhecolândia, Pantanal, MS. **Acta botânica Brasilica**, 3 (2): 153-168, 1989. Disponível em: https://www.scielo.br/j/abb/a/pGSQLBx9WJtFyCrz7wWqVjD/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 12 ago.

POTT, V. J.; POTT, A. **Plantas aquáticas do Pantanal**. Brasília: Embrapa, 2000. Disponível em: https://livimagens.sct.embrapa.br/amostras/00066170.pdf. Acesso em: 17 ago.

RIBEIRO, G. M.; MAIA, C. E.; MEDEIROS, J. F. Uso da regressão linear para estimativa da relação entre a condutividade elétrica e a composição iônica da água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 9 (1): 15-22, 2005. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/QFdD44S96krgFct5FHw7gZg/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 19 set.

ROCHA, C. M. C.; ALVES, A. E.; CARDOSO, A. S.; CUNHA, M. C. C. Macrófitas aquáticas como parâmetro no monitoramento ambiental da qualidade da água. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 4 (sn): 970-983, 2012. Disponível em: https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/download/232869/26860. Acesso em: 04 mai.

ROSSO, S. **Estrutura de comunidades intermerais de substrato consolidado das proximidades da Baía de Santos (SP, Brasil): uma abordagem descritiva enfatizando aspectos metodológicos**. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo. São Paulo, SP, 1990. Disponível em: https://repositorio.usp.br/item/000732812. Acesso em: 06 jun.

SABINO, J. H. F.; ARAÚJO, E. S.; COTARELLI, V. M.; SIQUEIRA FILHO, J. A.; CAMPELO, M. J. A. Riqueza, composição florística, estrutura e formas biológicas de macrófitas aquáticas em reservatórios do semiárido nordestino, Brasil. **Natureza (online)**, 13 (4): 184-194, 2015. Disponível em: http://www.naturezaonline.com.br/natureza/conteudo/pdf/Sabinoetal_184-194.pdf. Acesso em: 19 nov.

SANTOS, A. J. Estimativas de riqueza em espécies. *In:* CULTEN JUNIOR; L.; VALLADARES-PADUA, C.; RUDRAN, R. (org). **Métodos de estudo em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. Curitiba: Editora UFPR, Paraná, p. 19-42, 2004.

SATO, Y.; GODINHO, H.P. Peixes da bacia do rio São Francisco. *In:* LOWE-MCCONNELL, R. H. **Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais**. São Paulo: Editora USP, 1999. 534p.

SHEPHERD, G. J. **Fitopac 1: manual do usuário**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, Departamento de Botânica, 1996. 96 p.

SILVA, J. C. Observações sobre a biologia reprodutiva de *Pistia stratiotes* L. (Araceae). **Acta Amazonica**, 11 (3): 487-504, 1981. Disponível em: https://www.scielo.br/j/aa/a/DhSmjmLdwhkqFzfSCWhtWqx/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 29 ago.

SILVA, D. F.; GALVÍNCIO, J. D.; ALMEIDA, H. R. R. C. Variabilidade da qualidade de água na bacia hidrográfica do Rio São Francisco e atividades antrópicas relacionadas. **Qualitas Revista Eletrônica**, 9 (3): 1-17, 2010. Disponível em: http://arquivo.revista.uepb.edu.br/index.php/qualitas/article/download/687/496. Acesso em: 28 out.

SILVA, J. V. S.; ROSÁRIO, D. M.; VEIGA, A. S. S.; VASCONCELOS, F.; PERCÁRIO, S.; DOLABELA, M. F. Uma revisão bibliográfica sobre Araceae com foco nos gêneros *Pistia, Philodendron*e *Montrichardia:* aspectos botânicos, fitoquímicos e atividades biológicas. **Revista Fitos**, 8 (2): 73-160, 2013. Disponível em: https://doi.org/10.5935/1808-9569.20130006. Acesso em: 30 ago.

SILVA, A. C. A. B. **As águas do Rio São Francisco: disputas, conflitos e representações do mundo rural**. Tese (Doutorado) Universidade Estadual de Campinas–UNICAMP. Campinas, SP, 2017. Disponível em: https://bv.fapesp.br/pt/dissertacoes-teses/155944/as-aguas-do-rio-sao-francisco-disputas-conflitos-e-represe. Acesso em: 02 mar.

SOUSA, R. P., ASSIS, J. P.; BATISTA, B. D. O.; LIMA, T. S.; PEREIRA, K. E. V. Probabilidades para pressão atmosférica no Município de Mossoró-RN. **Revista Verde**, 10 (5): 132 -137, 2015. Disponível em: http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v10i5.3426. Acesso em: 17 out.

SOUZA, M. C. S. A.; GHILARDI, H. T. Recursos hídricos, agropecuária e sustentabilidade: desafios para uma visão ecológica do planeta. **Revista Jurídica**, 02 (47): 78-98, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.6084/m9.figshare.5183980. Acesso em: 20 set.

STURZA, V. S.; MACHADO, S. L. O.; SILVA, K. S.; SANTOS, A. B. Qualidade forrageira do capim-capivara em áreas de várzea, na região central do Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, 41 (5): 883-887, 2011. Disponível em: https://www.scielo.br/j/cr/a/z5CbX9WjTmyQTZmsKwMDmLj/?format=pdf&lang=pt. Acesso em 03 out.

TEIXEIRA, E. **Influência do nível da água e da disponibilidade de nutrientes na alocação reprodutiva e vegetativa de *Salvinia auriculata* Aublet (Salviniaceae)**. Dissertação (Mestrado) – UFLA. Lavras, MG, 2013, 83 p. Disponível em: http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/695/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Influ%C3%AAncia%20do%20n%C3%ADvel%20da%20%C3%A1gua%20e%20da%20disponibilidade%20de%20nutrientes%20na%20aloca%C3%A7%C3%A3o%20reprodutiva%20e%20vegetativa%20de%20Salvinia%20auriculata%20Aublet%20%28Salviniaceae%29.pdf. Acesso em: 24 set.

THOMAZ, S. M.; BIBI, L. M (Org.). **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas**. Maringá: EDUEM, 2003. 341 p.

TRINDADE, C. R. T.; PEREIRA, S. A.; ALBERTONI, E. F.; PALMA-SILVA. C. Caracterização e importância das macrófitas aquáticas com ênfase nos ambientes límnicos do Campus Carreiros - Furg, Rio Grande, RS. **Cadernos de Ecologia Aquática**, 5 (2): 1-22, 2010. Disponível em: https://repositorio.furg.br/bitstream/handle/1/436/Caracteriza%c3%a7%c3%a3o%20e%20import%c3%a2ncia%20das%20macr%c3%b3fitas%20aqu%c3%a1ticas%20com%20%c3%aanfase%20nos%20ambientes%20l%c3%admnicos%20do%20campus%20Carreiros%20-%20FURG%2c%20Rio%20Grande%2c%20RS..pdf?sequence=1. Acesso em: 13 set.