

COMPANHIA HIDRO ELÉTRICA DO SÃO FRANCISCO - CHESF
DIVISÃO DE MEIO AMBIENTE DE GERAÇÃO - DEMG

**PROGRAMA DE MONITORAMENTO DO RIO SÃO FRANCISCO
DURANTE O PERÍODO DE VAZÃO REDUZIDA E OPERAÇÃO
COM DESCARREGADOR DE FUNDO**

**PROGRAMA DE MONITORAMENTO DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS
CTNE - 92.2015.3150.00**



3º RELATÓRIO MENSAL

MARÇO/2016



CARUSO JR

ESTUDOS AMBIENTAIS & ENGENHARIA LTDA

FLORIANÓPOLIS /SC: Rua Dom Jaime Câmara, 170 - 12º andar

Centro - CEP: 88015-120 - Fone/Fax: (48) 3223-4620

E-mail: contato@carusojrea.com.br

Home page: www.carusojrea.com.br

MONITORAMENTO DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS

VERSÃO FINAL

Caruso Jr Estudos Ambientais e Engenharia Ltda.
Rua Dom Jaime Câmara 170, 12º Andar – Ed. Prime Tower – Centro
CEP: 88015-120 – Fone/Fax: (48) 3223-4620 - Florianópolis / SC
www.carusojrea.com.br - contato@carusojrea.com.br

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO	2
2. PROGRAMA DE MONITORAMENTO DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS	3
2.1. INTRODUÇÃO	3
2.2. OBJETIVOS	4
2.3. MATERIAIS E MÉTODOS	4
2.3.1. Pontos de monitoramento e períodos de amostragem	4
2.3.2. Amostragem da Biomassa	6
2.3.3. Sensoriamento remoto dos bancos monitorados	7
2.3.4. Análise dos Dados	7
2.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	10
2.4.1. Levantamento florístico e frequência de ocorrência	10
2.4.2. Biomassa	20
2.4.1. Dispersão Espacial (Georreferenciamento)	24
2.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
3. EQUIPE TÉCNICA.....	28
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29

1. APRESENTAÇÃO

A CARUSO JR. ESTUDOS AMBIENTAIS & ENGENHARIA LTDA., contratada para realizar os Serviços do **Programa de Monitoramento do Rio São Francisco Durante o Período de Vazão Reduzida e Operação com Descarregador de Fundo**, que consiste em um conjunto de medidas destinadas a identificar, relatar e monitorar os eventos adversos relacionados a essa operação. A Chesf irá realizar o Monitoramento da Qualidade de Água, Monitoramento da Cunha Salina, Monitoramento de Macrófitas Aquáticas, Monitoramento dos Processos Erosivos, Monitoramento Qualitativo e Quantitativo dos Sedimentos, Pesca Artesanal e Resgate de Ictiofauna, a jusante da UHE Sobradinho.

Este relatório contempla o detalhamento dos serviços que serão executados pela equipe técnica da CARUSO JR ao longo do contrato, junto à Divisão de Meio Ambiente de Geração da CHESF - DEMG/CHESF, e tem escopo as exigências apresentadas nas Especificações Técnicas ET-DEMG-12/2015.

2. PROGRAMA DE MONITORAMENTO DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS

2.1. INTRODUÇÃO

Macrófitas aquáticas são plantas visíveis a olho nu “cujas partes fotossinteticamente ativas estão permanentemente ou por alguns meses em cada ano, submersas em água ou flutuantes em sua superfície” (COOK et al., 1974; ESTEVES, 2011). Essas plantas participam diretamente da ciclagem dos nutrientes, assim como, protegem as margens de rios, lagos e lagoas contra a erosão (ESTEVES, 2011). São extremamente úteis na proteção de organismos em fases jovens (larvas), tais como, insetos e peixes, e, ainda servem como substrato para o perifíton, dentre outras finalidades (POTT e POTT, 2000; ESTEVES, 2011).

Entretanto, o crescimento excessivo de macrófitas aquáticas invasoras é reportado como uma das principais causas da perda da biodiversidade aquática no mundo, sendo a erradicação dessas plantas custosa e dispendiosa (BRUNDU, 2015). Além dos danos ecológicos supracitados, a proliferação de macrófitas aquáticas invasoras pode causar prejuízos a diversas atividades humanas, como por exemplo, navegação, agricultura, abastecimento público e geração de energia por hidrelétricas (ESTEVES, 2011). Nesse último caso, os “bancos” (aglomerados de espécimes flutuantes) de macrófitas aquáticas encalham nas turbinas de geração de energia das hidrelétricas, causando nessas turbinas, perda de força motriz e, conseqüentemente, redução do potencial de geração (MOURA-JUNIOR et al., 2011).

Nesse contexto, a estimativa de produtividade primária (avaliação temporal da biomassa ou quantidade de matéria orgânica, expressa pelo peso úmido ou seco de cada espécie, por unidade de área ou volume), surge como uma importante ferramenta no monitoramento de macrófitas aquáticas, podendo identificar eventos de bioinvasão (POMPEO e MOSCHINI-CARLOS, 2003) e, conseqüentemente, evitar os danos sócio-ambientais relacionados ao crescimento desordenado dessas plantas. A utilização do sensoriamento remoto também consiste em uma ferramenta importante no manejo de macrófitas invasoras (PIVARI, 2011). Essa ferramenta obtém informações sobre extensão de áreas colonizadas para macrófitas aquáticas pela utilização de imagens de satélite, sendo, portanto, um método não destrutivo e com resultados precisos sobre o crescimento da biomassa macrófitas aquáticas (PIVARI, 2011).

A bioinvasão de macrófitas aquáticas é reportada comumente para ambientes fortemente influenciados por variações de cota e vazão, como por exemplo, reservatórios ou hidrelétricas (BINI e

THOMAZ, 2005; SOUSA et al., 2009). A variação do regime hidrológico em ambientes represados modifica as propriedades físico-químicas da água, o que altera os processos de interação interespecífica dessa comunidade, podendo, sobre determinadas situações, ocasionar a proliferação de espécies de macrófitas aquáticas invasoras (SOUSA et al., 2009). Essas espécies colonizam preferencialmente ambientes lênticos ou semi-lóticos devido, dentre vários fatores, a baixa energia hidráulica ou vazão ou as especificidades limnológicas desses ambientes (SOUSA et al., 2009; MOURA-JUNIOR et al., 2011), tais como: elevada concentração de nutrientes nitrogenados e fosfatados e reduzida turbidez (SOUSA et al., 2009).

Dessa forma, o presente monitoramento da biomassa e o sensoriamento remoto de macrófitas aquáticas em pontos específicos dos trechos sub-médio e baixo rio São Francisco, para um período de redução da vazão (800 mm³/s) do rio São Francisco, permitirá a identificação de possíveis eventos de bioinvasão dessas plantas, evitando danos socioambientais nesses trechos.

2.2. OBJETIVOS

Este monitoramento tem como objetivo avaliar a produtividade primária (acompanhamento temporal da biomassa) e dispersão espacial (área e densidade) de macrófitas aquáticas em trechos do submédio e baixo Rio São Francisco, durante o período de vazão reduzida (800 m³/s) nesses trechos do rio, compreendendo os reservatórios neles inseridos.

2.3. MATERIAIS E MÉTODOS

2.3.1. Pontos de monitoramento e períodos de amostragem

O presente monitoramento vem sendo realizado em três bancos de macrófitas aquáticas, sendo dois localizados na área de influência do rio Moxotó e um inserido no reservatório de Itaparica (Quadro 1 e Figura 1). As coletas do monitoramento tiveram início em janeiro de 2016 e se estenderão até maio de 2016, sendo as mesmas realizadas mensalmente. Os resultados apresentados nesse relatório são referentes à terceira expedição de coleta, realizada em março de 2016. Para fins de comparação com os dados coletados

em março de 2016, apresentamos eventualmente ao longo do relatório os resultados obtidos na 1ª e 2ª expedições de coleta, realizadas em janeiro e fevereiro de 2016, respectivamente.

Quadro 1. Localização, descrição e coordenadas geográficas dos bancos de macrófitas aquáticas monitorados.

Região de Ocorrência	Descrição	Coordenadas geográficas
IT PTL 01	Meandro na margem esquerda do reservatório de Itaparica, próximo à cidade de Petrolândia – PE	08°59'12.54"S
		38°13'39.53"O
MO RM Inter	Porção intermediária do Rio Moxotó, estendendo-se 500 m a montante e a jusante da coordenada de referência	09°16'17.31"S
		38° 9'58.90"O
MO RM Final (#)	Porção final do Rio Moxotó, na confluência com o reservatório da UHE Apolônio Sales, estendendo-se 500 m a montante e a jusante da coordenada de referência	09°17'43.14"S
		38°11'39.64"O

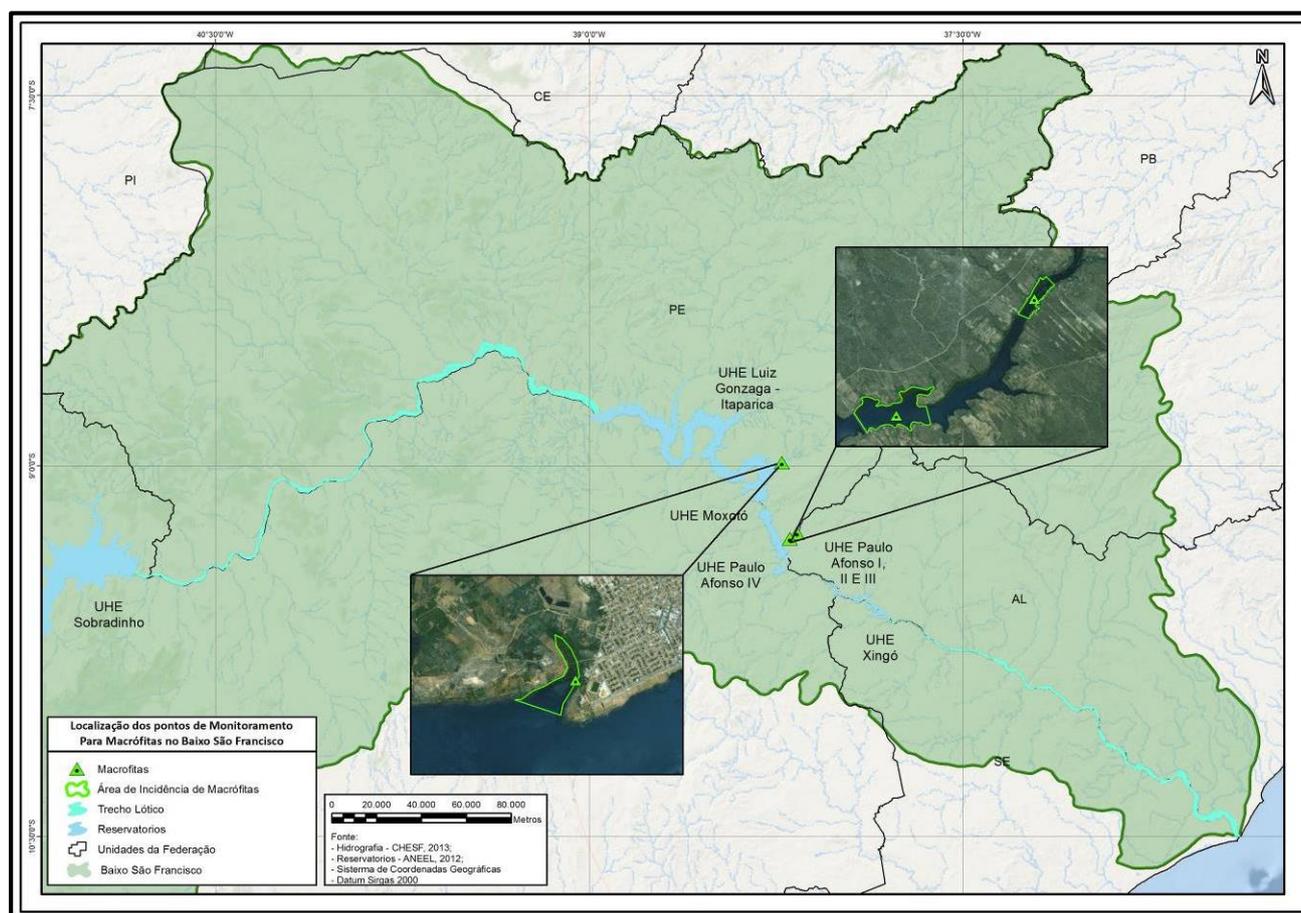


Figura 1. Mapa de localização dos bancos de macrófitas aquáticas monitorados.

2.3.2. Amostragem da Biomassa

Para amostragem da biomassa foi utilizado o método destrutivo de retirada das plantas (POMPÊO e MOSCHINI-CARLOS, 2003). Observou-se que o método destrutivo de avaliação da biomassa não causaria danos significativos aos bancos de macrófitas monitorados, uma vez que, a área total a ser coletada representou uma proporção pequena (<0.1%) da área total ocupada pelo banco. Para a amostragem da biomassa, seguiu-se a técnica dos quadrados amostrais (HOWARD-WILLIAMS, 1975; POMPÊO e MOSCHINI-CARLOS, 2003).

Foram lançados três quadrados (com dimensão de 0,25 m² cada) ao longo de cada banco de macrófitas aquáticas monitorado, sendo esses quadrados lançados nos locais com maior heterogeneidade de espécies, seguindo a proposta de Howard-Williams (1975). Foram coletados, manualmente, todos os exemplares de macrófitas aquáticas que estivessem dentro dos quadrados amostrados. Quando necessário, um puçá adaptado com rede de nylon foi utilizado a fim de contemplar todos os indivíduos flutuantes presentes nos quadrados. O material biológico coletado foi acondicionado em saco plástico e devidamente identificado, sendo as amostras encaminhadas ao laboratório de análises de plantas aquáticas do Núcleo de Ecologia e Monitoramento Ambiental da Universidade Federal do Vale do São Francisco (NEMA/UNIVASF), onde foram triadas.

Em laboratório, o material biológico foi lavado em água corrente, sendo retirado o excesso de sedimento que estivesse aderido a cada exemplar. Durante a lavagem, o material biológico contido em cada amostra (quadrado) foi separado por espécie, sendo os exemplares de cada espécie acondicionados em sacos de papel e levados à secagem em estufa a 70°, durante 72h ou até atingir peso seco constante (POMPÊO e MOSCHINI-CARLOS, 2003). Após a secagem, os espécimes foram pesados (peso seco) em balança digital, marca Plenna, modelo MEA 06100 (com erro de 0,01g ±), sendo os valores expressos em gramas de peso seco por metro quadrado - gPS/m². As estimativas de peso seco são consideradas os melhores critérios de comparação da biomassa entre espécies de macrófitas aquáticas, devido a padronização do fator água nos tecidos vegetais dessas plantas (POMPÊO e MOSCHINI-CARLOS, 2003). Determinadas espécies de macrófitas aquáticas, como por exemplo, *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms podem apresentar aerênquimas (tecidos de ar para flutuação) que não acumulam água e, conseqüentemente, interferem na biomassa fresca desses organismos (POMPÊO e MOSCHINI-CARLOS, 2003).

Foram coletados exemplares das espécies registradas nos bancos monitorados, as quais foram utilizadas para a confecção de exsicatas. As exsicatas foram incorporadas ao acervo do herbário do Núcleo de Ecologia e Monitoramento Ambiental da Universidade Federal do Vale do São Francisco (NEMA/UNIVASF), e encontram-se disponíveis na sede da instituição em Petrolina, Pernambuco. A lista das espécies seguiu a proposta de classificação das famílias reconhecidas pelo Angiosperm Phylogeny Group (APG, 2009) para as angiospermas, e por Smith et al. (2006) para as plantas vasculares sem flores. A identificação das espécies foi fundamentada em bibliografia especializada e na compilação com os acervos do herbário do NEMA/UNIVASF.

2.3.3. Sensoriamento remoto dos bancos monitorados

Os métodos empregados para o sensoriamento foram realizados por meio de cruzeiros, ou caminhamentos ao redor da área ocupada pelas macrófitas aquáticas. Para tal, a mensuração destas aglomerações de macrófitas são utilizadas técnicas de georreferenciamento pelo uso de GPS, registros fotográficos e imageamento aéreo (imagens de satélite e por veículo aéreo não tripulado – VANT).

2.3.4. Análise dos Dados

Os resultados de biomassa das espécies registradas nos bancos de macrófitas aquáticas monitorados em março de 2016 foram apresentados seguindo estatística descritiva (média e percentual). O percentual de frequência de ocorrência das espécies pelo total de quadrados amostrados nos três bancos de macrófitas aquáticas monitorados foi determinado pela fórmula proposta por Mateucci e Colma (1982):

$$FO = a.100/ A$$

Onde:

a = número de amostras em que o táxon ocorreu;

A = número total de amostras.

Foram realizadas estimativas de riqueza (pelo estimador CHAO 1) para avaliar possíveis variações temporais do número de espécies de macrófitas aquáticas na área de estudo. Para tanto, foram

avaliados os intervalos de confiança máximo e mínimo das riquezas estimadas para cada expedição de coleta. As estimativas de riqueza foram realizadas no software Estimates 9.1 (COWELL, 2013).

Foram realizadas análises de Similaridade para avaliar mudanças da composição florística de macrófitas aquáticas de cada ponto monitorado, em relação às três expedições de coleta. O teste de Monte Carlo foi realizado para indicar o limite de corte para a formação dos agrupamentos. As matrizes de composição florística foram submetidas à análise de similaridade pelo índice de Jaccard (MAGURRAN, 2004) e ordenada pelo método WPGMA, através do software PRIMER 6.0 (CLARKE e GORLEY, 2006).

O teste de variância ANOVA (com teste de Tukey a posteriori) foi utilizado para comparar o montante de biomassa coletado na atual expedição de coleta com aquele registrado para as expedições realizadas em janeiro e fevereiro de 2016. As análises de ANOVA foram realizadas no software Bioestat 5.0 (AYRES et al., 2007).



Figura 2. Coletas de biomassa nos bancos de macrófitas aquáticas monitorados (A, B, C), triagem da biomassa e separação das amostras por espécie (D), acondicionamento dos exemplares biológicos em sacos de papel madeira (E), secagem em estufa a 70°C por 72 horas (F).

2.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.4.1. Levantamento florístico e frequência de ocorrência

Na atual expedição de coleta (março de 2016) foram registradas cinco espécies de macrófitas aquáticas pelos três pontos de monitoramento, sendo todas citadas como invasoras para reservatórios (POTT e POTT 2000; MOURA-JUNIOR et al. 2015). Os pontos de monitoramento inseridos na área de influência do rio Moxotó apresentaram cinco (MO RM Final) e quatro espécies (MO RM Inter), enquanto que o ponto localizado no meandro na margem esquerda do reservatório de Itaparica (IT PTL 01) registrou três espécies (*Egeria densa*, *Eichhornia crassipes* e *Wolffia brasiliensis*) (Tabela 1).

A sobreposição dos intervalos de confiança da riqueza estimada para as três expedições de coleta evidenciou que não ocorreu variação temporal do número potencial de espécies de macrófitas aquáticas nos pontos de monitoramento (Figura 3). Dessa forma, pode inferir que a riqueza de macrófitas aquáticas nos bancos monitorados não foi, até o presente momento, influenciada pela redução da vazão do rio São Francisco. Contudo, vale ressaltar que os processos ecológicos em comunidades de macrófitas aquáticas são constantemente modificados no espaço e no tempo (ESTEVES 2011) e, portanto, podem ser rapidamente alterados.

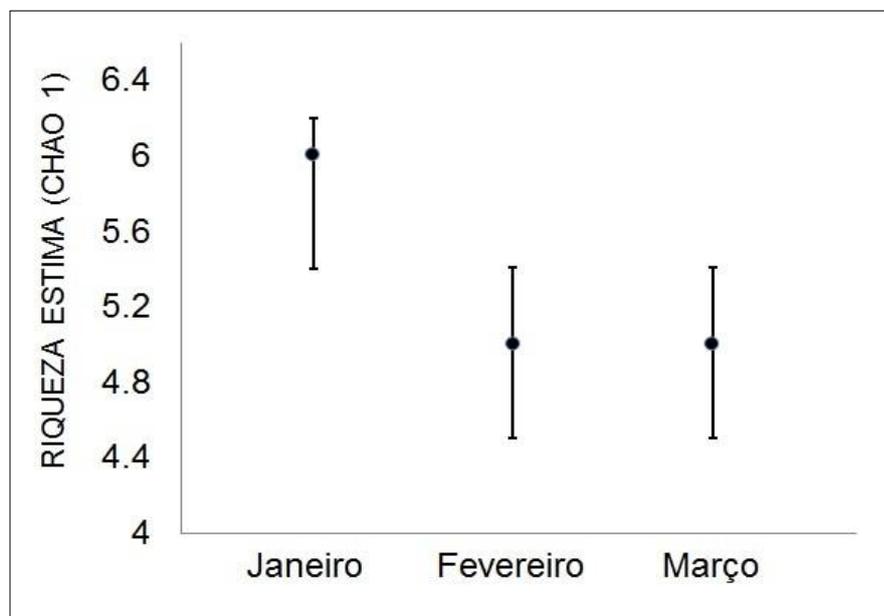


Figura 3. Intervalos de confiança e riqueza estimada (CHAO 1) para as expedições de coleta de janeiro, fevereiro e março de 2016.

Na atual expedição de coleta não foram registradas novas espécies em relação as expedições de janeiro e fevereiro de 2016. A espécie *Oxycaryum cubense* (Poepp. & Kunth) Palla foi a única daquelas registradas nas expedições de coleta de janeiro e fevereiro de 2016 que não ocorreu na atual expedição. Os resultados da análise de similaridade evidenciaram que os pontos de monitoramento inseridos na área de influência do rio Moxotó (MO RM Final e MO RM Inter) apresentaram composições florísticas semelhantes e distintas daquela registrada para o ponto de monitoramento localizado em Itaparica (IT PTL 01). As análises de similaridade indicaram também que a composição florística de cada ponto de monitoramento não apresentou modificação entre as expedições de coleta (Figura 4). Diante desses resultados é possível inferir que tanto a riqueza quanto a composição de Macrófitas aquáticas dos pontos de monitoramento não apresentaram variação temporal e, portanto, parecem não receber influência da redução da vazão do rio São Francisco.

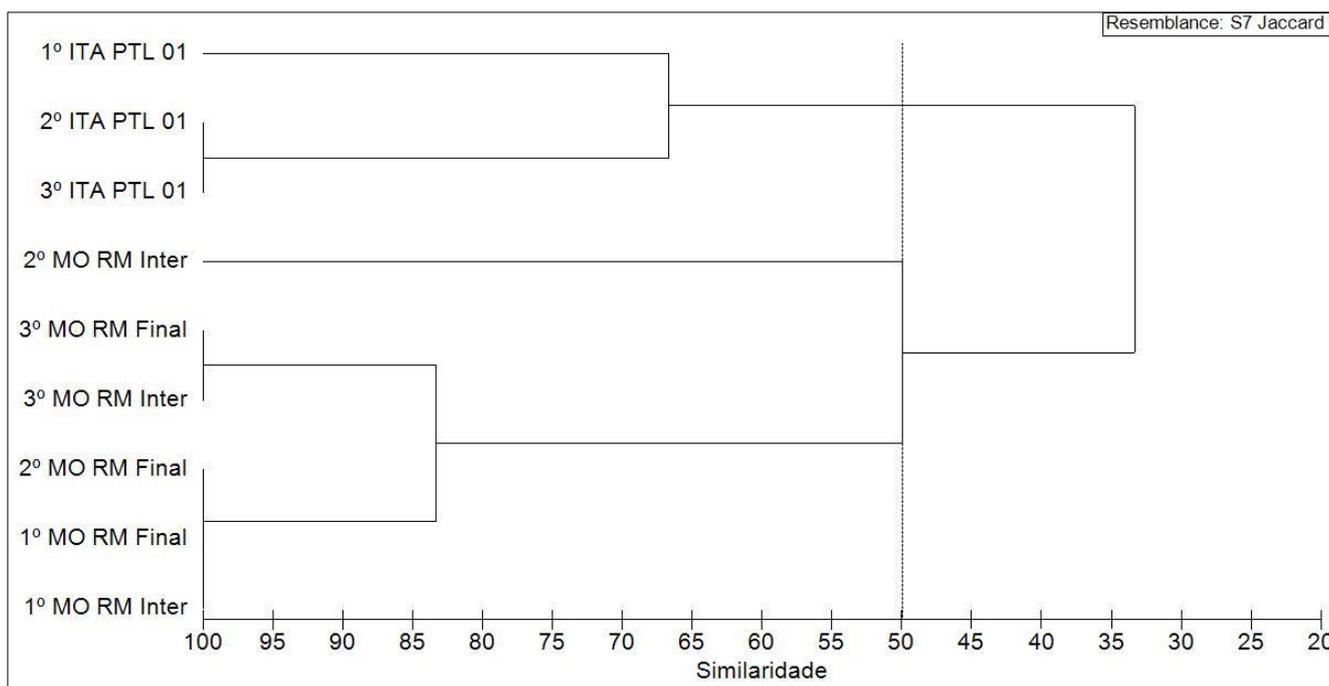


Figura 4. Dendrograma de similaridade florística de macrófitas aquáticas entre as três expedições de coleta (1º, 2 e 3º), nos distintos pontos de monitoramento (MO RM Inter, MO RM Final, ITA PTL 01). A linha tracejada representa o limite mínimo de corte para formação dos agrupamentos florísticos, designado pelo teste de Monte Carlo.

Assim como observado nas expedições de coleta de janeiro e fevereiro de 2016, as espécies bioindicadoras de poluição *Wolffia brasiliensis* e *Salvinia auriculata* ocorreram, na atual expedição de coleta, nos bancos monitorados do rio Moxotó, sendo a primeira registrada também no ponto de monitoramento localizado no reservatório de Itaparica. A presença dessas espécies nas três expedições de coleta aponta para uma possível problemática de degradação do ambiente aquático do rio São Francisco, o qual já havia sido mencionado no relatório anterior. O crescente processo de degradação do meio abiótico do rio São Francisco e, conseqüentemente, o crescimento desordenado de macrófitas aquáticas invasoras ou oportunistas vem sendo reportado em alguns estudos desenvolvidos na região (MOURA-JÚNIOR et al. 2011; SIQUEIRA-FILHO 2012). Segundo esses estudos, o potencial hídrico do São Francisco poderá ser inviabilizado, caso não seja realizado o acompanhamento continuado sobre a produtividade primária de macrófitas aquáticas ou serem avaliadas as fontes poluidoras determinantes para o crescimento dessas plantas.

Entretanto, vale ressaltar que as fontes poluidoras (compostos nitrogenados e/ou fosfatados) de rios represados podem ser, muitas vezes, provenientes de processos naturais, como por exemplo, lixiviação, erosão de mata ciliar ou acúmulo de compostos húmicos de fontes alóctones (como por exemplo, de regiões lóxicas dos reservatórios) (ESTEVES, 2011). Além disso, observou-se que o percentual de frequência de ocorrência de *Wolffia brasiliensis* na atual expedição de coleta permaneceu inalterada em relação a expedição passada (fevereiro de 2016) e decrescentes quando comparados aos registrados em janeiro de 2016. Para *S. auriculata* observou-se ocorrência adicional em apenas uma unidade amostral (quadrado) da atual expedição de coleta em relação a expedição passada. Dessa forma, ainda é cedo para inferir que a presença de *W. brasiliensis* e *S. auriculata* nos pontos de monitoramento possa indicar elevado estado de degradação ambiental nos trechos avaliados do rio São Francisco.

Assim como observado nas expedições de coleta de janeiro e fevereiro de 2016, as espécies *Egeria densa* Planch., *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms e *Wolffia brasiliensis* Wedd ocorreram nos três bancos de macrófitas aquáticas monitorados na atual expedição de coleta. Entretanto, *W. brasiliensis* foi registrada em um quadrado amostral por ponto de monitoramento, enquanto que *E. densa* e *E. crassipes* (Mart.) Solms foram registradas em mais de 60% dos quadrados amostrais, nos três bancos monitorados (Tabela 1). Os percentuais de frequência de ocorrência de *W. brasiliensis* e *E. densa* na atual expedição de coleta foi igual ao registrado na expedição passada, enquanto que *E. crassipes* apresentou pequeno aumento

(~ 11%) quanto ao seu percentual de ocorrência em relação as expedições de coleta de fevereiro de 2016. Os resultados supracitados evidenciaram que a distribuição espacial das espécies nos bancos monitorados apresentou pequena oscilação ao longo dos meses de 2016 e, portanto, parece não estar sendo influenciada pela redução da vazão do rio São Francisco.

Tabela 1. Ocorrência das espécies pelos três quadrados amostrais (A1, A2, A3) dos bancos de macrófitas aquáticas monitorados (MO RM Final, ITA PTL 01 e MO RM Inter) em março de 2016, com os respectivos percentuais de frequência de ocorrência (FO%).
Legenda: (+) presença da espécie; (-) ausência da espécie.

Família/Espécie	MO RM Final			ITA PTL 01			MO RM Inter			FO(%)
	A1	A2	A3	A1	A2	A3	A1	A2	A3	
ARACEAE										
<i>Pistia stratiotes</i> L.	+	+	-	-	-	-	-	+	+	44.44
<i>Wolffia brasiliensis</i> Wedd.	+	-	-	-	-	+	-	+	-	33.33
HYDROCHARITACEAE										
<i>Egeria densa</i> Planch.	-	+	+	+	+	+	+	+	+	88.89
PONTEDEREIACEAE										
<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms	+	-	+	+	+	+	-	+	+	77.78
SALVINIACEAE										
<i>Salvinia auriculata</i> Aubl.	+	-	-	-	-	-	-	+	-	22.22

Segue abaixo, as fotos de campo e/ou das exsicatas confeccionadas para as espécies registradas nos bancos monitorados em janeiro, fevereiro e março de 2016, junto com uma breve descrição ecológica e ou biogeográfica das mesmas. A apresentação das informações dos táxons segue a ordem alfabética das Famílias.

FAMÍLIA: AREACE

Espécie: *Pistia stratiotes* L.

Nome Popular na região: Alface d'água

Nº de tombamento no herário NEMA/UNIVASF: 3508



Característica ecológicas/biogeográficas: macrófitas aquáticas flutuante livre, nativa do Brasil, com registros para Ásia, África, América do Sul, América do Norte e Europa; erva anual ou perene; utilizada como ornamental, forrageira e medicinal; propaga-se rapidamente por estões ou por sementes; é agressiva e se adensa rapidamente, principalmente em águas poluídas ou rica em nutrientes nitrogenados e fosfatados (POTT e POTT, 2000); é considerada uma séria invasora em vários países, podendo bloquear navegação (LORENZI, 2008).

FAMÍLIA: AREACE

Espécie: *Wolffia brasiliensis* Wedd.

Nome Popular na região: Lentilha d'água

Nº de tombamento no herário NEMA/UNIVASF: não apresenta exsicata. Os espécimes coletados não resistiram ao procedimento de pesagem e/ou desidratação.



Fonte das imagens: (A, B) - Go Botany (2016).

Característica ecológicas/biogeográficas: macrófitas aquáticas flutuante livre, nativa do Brasil (FORZZA et al., 2015), más apresenta registros para Ásia e Europa; considerada a menor planta com flor, fruto e semente do mundo (~ 1mm de comprimento); comum em ambientes ricos em matéria orgânica e/ou compostos nitrogenados e fosfatados dissolvidos, sendo, por isso, considerada uma espécie bioindicadora de poluição ou de ambientes degradados; retém metais pesados, sendo utilizada na fitoremediação de ambientes degradados (POTT e POTT, 2000).

FAMÍLIA: CYPERACEAE

Espécie: *Oxycaryum cubense* (Poepp. & Kunth) Palla

Nome Popular na região: Capim, Tiririca

Nº de tombamento no herário NEMA/UNIVASF: não apresenta exsicata. Diante de sua morfologia delicada, a espécie não resistiu ao procedimento de pesagem e/ou desidratação. As exsicatas dessa espécie serão confeccionadas com material da próxima expedição de coleta (abril de 2016).



Característica ecológicas/biogeográficas: macrófitas aquáticas nativas e endêmica no Brasil, ocorre em todos os estados brasileiros (FORZZA et al., 2015); erva perene ou anual, frequente em lavouras de arroz irrigado e inundado, principalmente na região sul do país; hábito bastante variável, podendo ser emergente, anfíbia ou epífita de espécies flutuantes (como por exemplo, *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms); propaga-se tanto por sementes quanto por curtos rizomas odoríferos; invasora abundante em bordas de lagos, brejos, vazantes e campos muito alagáveis, solos arenosos e argilosos (POTT e POTT, 2000).

FAMÍLIA: HYDROCHARITACEAE

Espécie: *Egeria densa* Planch.

Nome Popular na região: Elodea

Nº de tombamento no herário NEMA/UNIVASF: 3507



Característica ecológicas/biogeográficas: macrófitas aquáticas nativas da América do Sul, mas pode ser encontrada também na Ásia e na África (POTT e POTT, 2000); é amplamente distribuída em ecossistemas aquáticos tropicais, sendo comumente encontrada em rios e reservatórios, submergindo e fixa ao solo pelas raízes (MOURA-JÚNIOR et al., 2015); apresenta propagação vegetativa e uma alta taxa de produtividade primária sendo por isso daninha ou invasora em ecossistemas aquáticos de vários países (BINI e THOMAZ, 2005).

FAMÍLIA: PONTEDERIACEAE

Espécie: *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms.

Nome Popular na região: Baronesa, Aguapé

Nº de tombamento no herário NEMA/UNIVASF: 3506



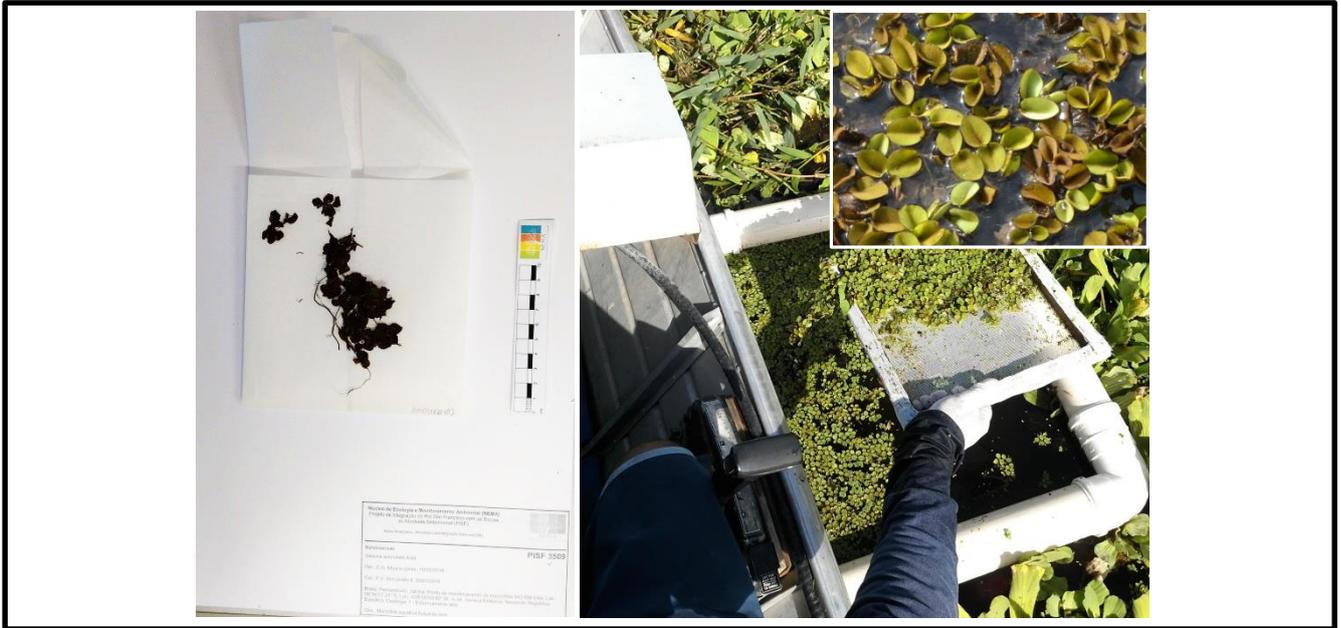
Característica ecológicas/biogeográficas: macrófitas aquáticas nativas da América (LORENZI 2008), introduzida em quase todos os continentes (POTT e POTT, 2000); espécie abundante e amplamente distribuída, ocorrendo tanto em ecossistemas aquáticos naturais como em ambientes aquáticos impactados por atividades antrópicas (HENRY-SILVA e CAMARGO, 2005); é uma hidrófita rizomatosa, geralmente flutuante, reproduz-se facilmente tanto por semente quanto vegetativamente, forma “tapetes” que podem cobrir totalmente a superfície da água e seu crescimento reduz a biodiversidade, a luz disponível e o fluxo de água, sendo considerada uma espécie invasora em várias partes do mundo (LORENZI, 2008).

FAMÍLIA: SALVINIACEAE

Espécie: *Salvinia auriculata* Aubl.

Nome Popular na região: Orelha de onça

Nº de tombamento no herário NEMA/UNIVASF: 3509



Característica ecológicas/biogeográficas: macrófitas aquáticas nativas da América do sul, podendo ser encontrada também na América central e Ásia (POTT e POTT, 2000); erva flutuante livre, que se destaca pela facilidade de manipulação experimental e por se encontrar disseminada em todo o país, além de servir como potencial bioindicador em estudos relacionados à poluição aquática, por sua sensibilidade elevada aos metais pesados (OLIVEIRA et al., 2001); é comum em água doce, sob condições favoráveis se dissemina rapidamente, por propagação vegetativa, colonizando extensas superfícies de água; sua elevada taxa de crescimento, juntamente com sua sensibilidade a diferentes agentes tóxicos, justificam sua utilização como espécie bioindicadora de poluição em ecossistemas aquáticos (PEIXOTO et al., 2005).

2.4.2. Biomassa

Na atual expedição de coleta foi amostrado um montante de biomassa de 7.040,39 gPS/m², sendo 3.187,21 gPS/m² desse montante coletado em MO-RM-Inter, 2.352,08 gPS/m² em ITA-PTL-01 e 1.501,10 gPS/m² em MO-RM-Final (Figura 5). O montante de biomassa amostrado na expedição de coleta de janeiro e fevereiro de 2016 foi de 4.758,73 e 6.977,58 gPS/m² respectivamente. O resultado do teste ANOVA evidenciou equidade da biomassa coletada nas três expedições de coleta ($p = 0.37$, $F = 1.18$), embora tenha sido registrado um crescimento da biomassa total coletada na atual expedição de coleta em relação as expedições passadas (Figura 5).

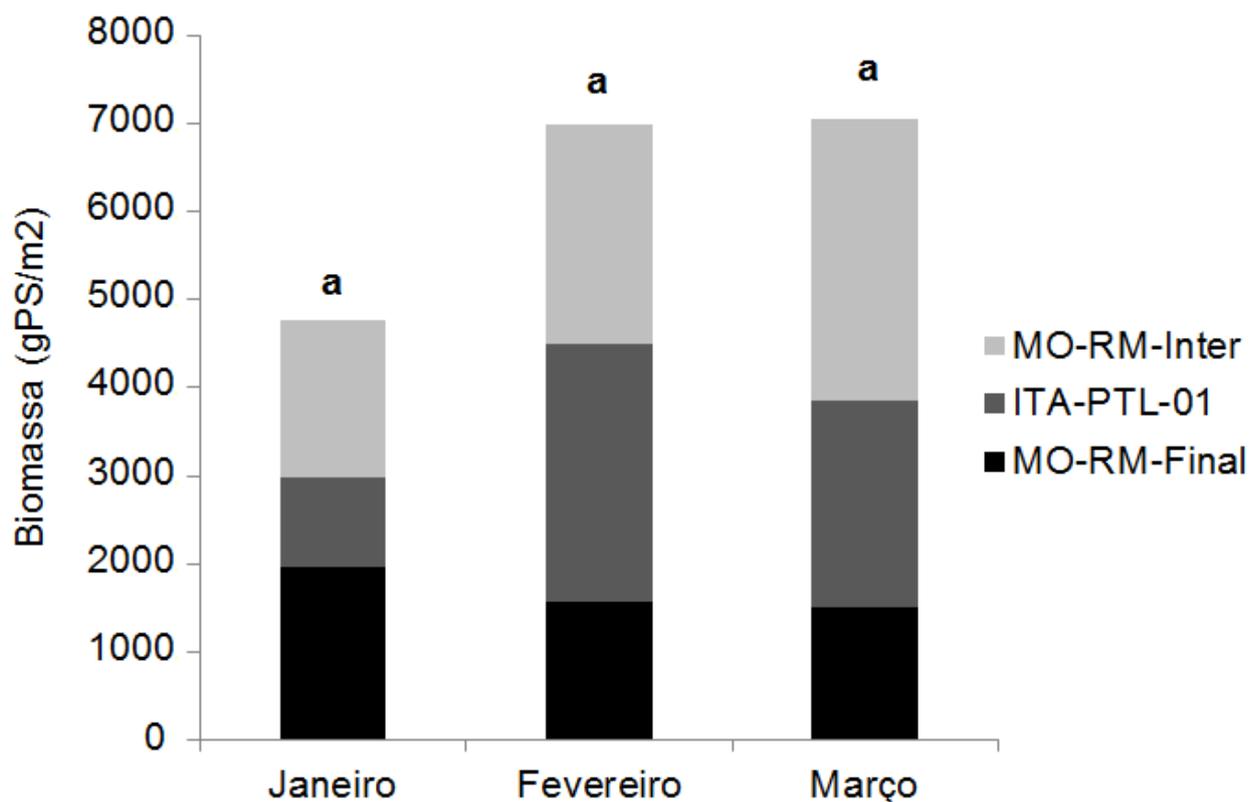


Figura 5. Montante de biomassa em gramas de peso seco por metro quadrado (gPS/m²) registrada nas expedições de coleta de janeiro (1ª), fevereiro (2ª) e março (3ª) de 2016, dos distintos pontos de monitoramento. Legenda: (a) – igualdade estatística do montante de biomassa dos tratamentos (meses), indicada pela ANOVA e confirmada pelo teste de Tukey.

Os resultados supracitados nos permitem inferir que os bancos de macrófitas aquáticas monitorados tem apresentado pequenas oscilações do montante de biomassa no atual período de redução de

vazão do rio (2016), o que representa, momentaneamente, a ausência de problemas relacionados ao crescimento desordenado dessas plantas. Além disso, a comparação do montante de biomassa de macrófitas aquáticas registrado nas expedições de coleta de janeiro, fevereiro e março de 2016 em relação àquela registrada em junho de 2015 (período em que também houve redução no volume no rio São Francisco) para os mesmos pontos de monitoramento (ver dados em FADURPE, 2015), evidencia que o processo de decomposição das macrófitas aquáticas nos bancos monitorados no atual período de redução de vazão (janeiro e fevereiro de 2016) foi superior a produtividade primária das plantas. A biomassa total registrada em junho de 2015 foi de 5.934,10 gPS/m² (MO RM Final), 4.771,60 gPS/m² (ITA PTL 01) e 3.268,50 gPS/m² (MO RM Inter) (ver dados pretéritos em FADURPE, 2015).

Contudo, ainda é cedo para afirmar que a manutenção do período de redução do rio São Francisco não influenciará na produtividade primária das macrófitas aquáticas. Segundo dados da literatura, a perturbação causada pela variação do nível e vazão da água em reservatórios estimula o aumento da riqueza e mantém equitativa a biomassa da vegetação aquática, ao passo que a ausência de tais variações leva ao crescimento excessivo de espécies invasoras e, conseqüentemente, a redução da riqueza específica (MOURA-JÚNIOR, 2012).

Assim como constatado nas expedições de coleta de janeiro e fevereiro de 2016, as espécies *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Egeria densa* apresentaram os maiores valores de biomassa na atual expedição de coleta, representando juntas mais de 90% do montante de biomassa coletada nessa expedição (Tabela 2, Tabela 3 e Tabela 4). As espécies *E. crassipes* e *P. stratiotes* predominaram em MO-RM-Final e MO-RM-Inter, enquanto que *E. crassipes*, *Egeria densa* predominaram em ITA-PTL-01, sendo esses resultados iguais aos registrado nas expedições de coleta de janeiro e fevereiro de 2016.

Estudos apontam que o crescimento excessivo de populações de *E. crassipes*, *P. stratiotes* e *E. densa* pode reduzir a biodiversidade aquática (POTT e POTT, 2000; MOURA-JUNIOR et al., 2011; MOURA-JUNIOR 2012; ESTEVES 2011), o que corrobora com o baixo número de espécies de macrófitas aquáticas registradas nos bancos monitorados. Além da redução da biodiversidade local, a presença de *E. crassipes*, *P. stratiotes* e *E. densa* em reservatórios pode trazer prejuízos a navegação ou geração de energia por hidrelétricas, caso essas populações apresentem crescimento desordenado nesses ambientes (MOURA-JUNIOR et al., 2011; ESTEVES 2011). A problemática socioambiental relacionada a produtividade primária de

E. crassipes, *P. stratiotes* e *E. densa* ganha relevância quando considerado que essas espécies são melhor ajustadas a ambientes lênticos ou semi-lóticos devido, dentre vários fatores, a estabilidade das condições hidrológicas (cota e vazão) e limnológicas desses tipos de ambiente (BINI e THOMAZ, 2005; SOUSA et al., 2009; MOURA-JUNIOR et al., 2011). Nesse contexto, é válido ressaltar a importância do monitoramento continuado das macrófitas aquáticas no rio São Francisco, visando a avaliação da redução programada da vazão do rio em 2016 diante dos padrões quali-quantitativos dessas plantas.

Entretanto, o resultado do teste ANOVA para os valores de biomassa de *E. crassipes*, *P. stratiotes* e *E. densa* nas três expedições de coleta evidenciaram pequenas variações da produtividade primária líquida dessas populações (Tabela 5), embora tenha sido registrado um crescimento da biomassa de *E. densa* de janeiro para março de 2016. Diante disso, é possível inferir que, até o presente momento, a redução de vazão do rio São Francisco não tem influenciado significativamente na biomassa de macrófitas aquáticas nos bancos monitorados.

Tabela 2. Biomassa das espécies em gramas de peso seco por metro quadrado (gPS/m²) nos três quadrados amostrais (A1, A2, A3) do banco de macrófitas monitorado (MO RM Final) em março de 2016, com os respectivos valores totais e médios. Legenda: (-) ausência da espécie.

Família/Espécie	Biomassa (gPS/m ²)				
	A1	A2	A3	Total	Média
ARACEAE					
<i>Pistia stratiotes</i> L.	294.87	398.20	-	693.07	231.02
<i>Wolffia brasiliensis</i> Wedd.	0.48	-	-	0.48	0.16
HYDROCHARITACEAE					
<i>Egeria densa</i> Planch.	-	93.13	27.12	120.25	40.08
PONTEDEREIACEAE					
<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms	222.82	-	446.98	669.80	223.27
SALVINIACEAE					
<i>Salvinia auriculata</i> Aubl.	17.50	-	-	17.50	5.83

Tabela 3. Biomassa das espécies em gramas de peso seco por metro quadrado (gPS/m²) nos três quadrados amostrais (A1, A2, A3) do banco de macrófitas monitorado (MO RM Inter) em março de 2016, com os respectivos valores totais e médios. Legenda: (-) ausência da espécie.

Família/Espécie	Biomassa (gPS/m ²)				
	A1	A2	A3	Total	Média
ARACEAE					
<i>Pistia stratiotes</i> L.	-	235.65	198.32	433.97	144.66
<i>Wolffia brasiliensis</i> Wedd.	-	0.45	-	0.45	0.15
HYDROCHARITACEAE					
<i>Egeria densa</i> Planch.	13.98	20.78	39.18	73.94	24.65
PONTEDEREIACEAE					
<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms	-	1466.84	1212.01	2678.85	892.95

Tabela 4. Biomassa das espécies em gramas de peso seco por metro quadrado (gPS/m²) nos três quadrados amostrais (A1, A2, A3) do banco de macrófitas monitorado (ITA PTL 01) em março de 2016, com os respectivos valores totais e médios. Legenda: (-) ausência da espécie.

Família/Espécie	Biomassa (gPS/m ²)				
	A1	A2	A3	Total	Média
ARACEAE					
<i>Wolffia brasiliensis</i> Wedd.	-	-	0.3	0.3	0.1
HYDROCHARITACEAE					
<i>Egeria densa</i> Planch.	108.48	48.14	27.16	183.78	61.26
PONTEDEREIACEAE					
<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms	1066.73	400.88	700.39	2168	722.67

Tabela 5. Média e desvio padrão do montante de biomassa em gramas de peso seco por metro quadrado (gPS/m²) das espécies predominantes (*P. stratiotes*, *E. crassipes* e *E. densa*) nos bancos de macrófitas monitorados nas expedições de coleta de janeiro, fevereiro e março de 2016, com os resultados do teste ANOVA comparando a produtividade primária líquida (variação da biomassa entre os meses) de cada espécie.

Família/Espécie	Janeiro de 2016		Fevereiro de 2016		Março de 2016		Teste t	
	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio	Poder (t)	F
<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms	470.64	294.90	762.36	322.75	281.76	87.21	0.23	1.61
<i>Egeria densa</i> Planch.	19.01	21.83	47.30	30.93	50.12	36.68	0.13	2.30
<i>Pistia stratiotes</i> L.	456.48	392.83	248.96	125.26	788.10	457.67	0.54	0.87

2.4.1. Dispersão Espacial (Georreferenciamento)

Devido à ocorrência de chuva na região durante o período de monitoramento, observou-se que o vento atuante na região neste mês fez com que alguns indivíduos se desprendessem, dispersando-os para outras áreas. Sendo assim, não foi possível avaliar a dispersão espacial (georreferenciamento). As macrófitas aquáticas se espalharam pelo reservatório, desde o início do braço do Rio Moxotó, se estendendo até abaixo do ponto de coleta de água MOX_04, em direção à Glória, conforme Figura 5 e Figura 6. Destaca-se ainda que devido a elevada incidência de nuvens no local (Figura 7 e Figura 8) nesta época do ano, que se dá em função da ocorrência do período chuvoso na região, não foi possível realizar o monitoramento destas áreas via sensoriamento remoto, impossibilitando a medição dos pontos monitorados.

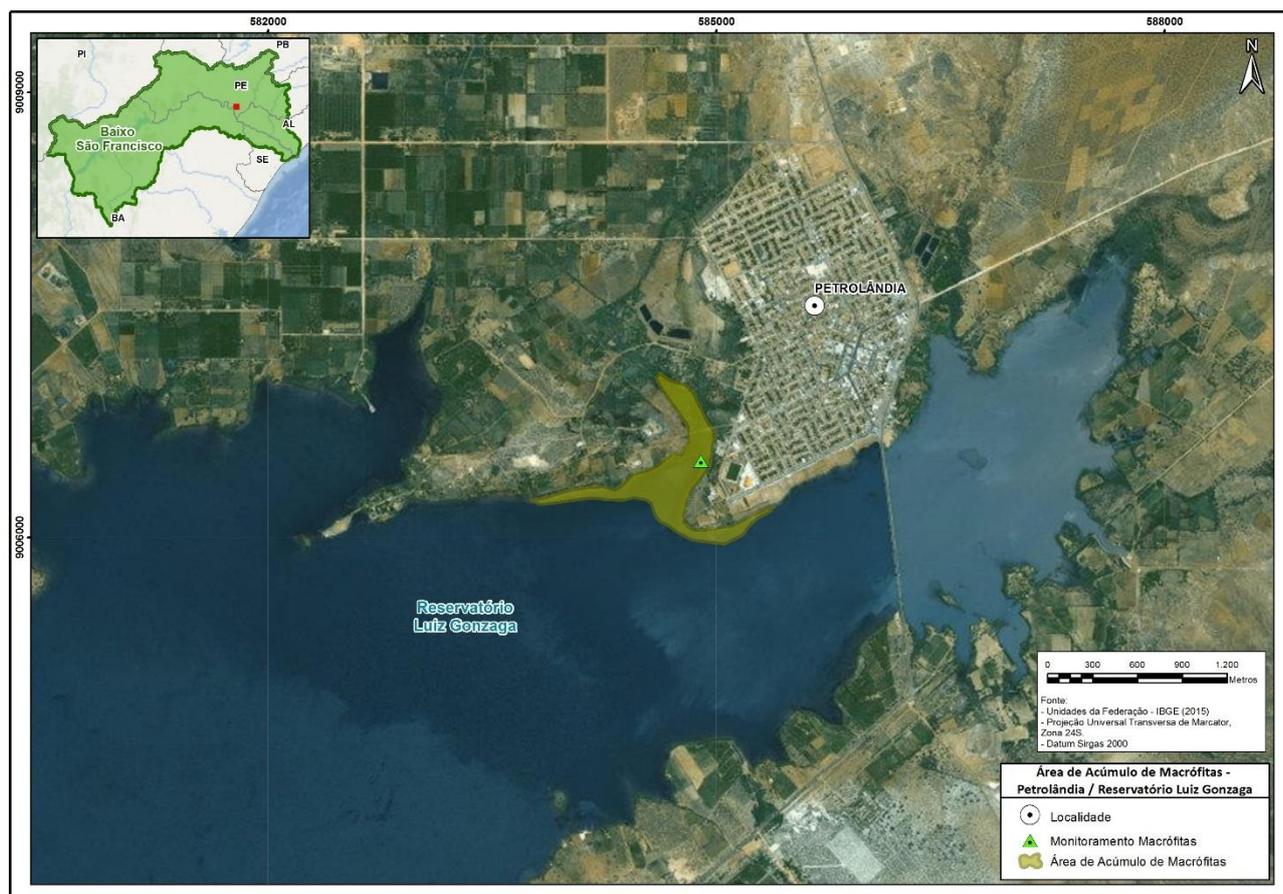


Figura 5. Área de acúmulo das Macrófitas próximo à cidade de Petrolândia/PE. Elaboração: CARUSO JR., 2016

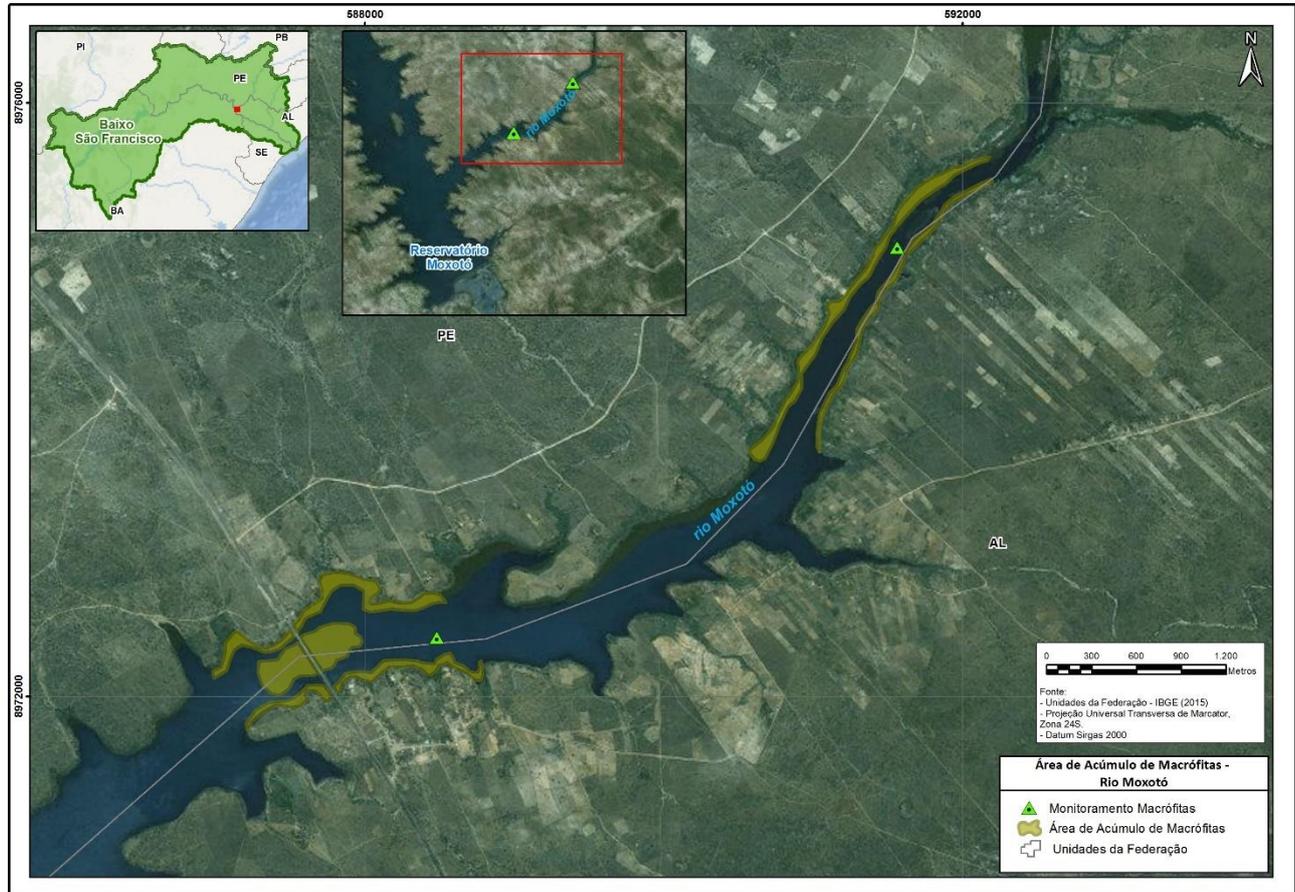


Figura 6. Área de acúmulo das Macrófitas no rio Moxotó. Elaboração: CARUSO JR., 2016



Figura 7. Acúmulo das macrófitas aquáticas próximo à ponte da divisa de Alagoas e Pernambuco. Fotos: CARUSO JR., 2016.



Figura 8. Acúmulo das macrófitas aquáticas. Fotos: CARUSO JR., 2016.



Figura 9. Acúmulo das macrófitas aquáticas. Fotos: CARUSO JR., 2016.

2.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados coletados até a presente expedição de coleta (março de 2016) evidenciaram que os atributos ecológicos de riqueza e composição de macrófitas aquáticas não apresentaram variação temporal, em nenhum dos pontos de monitoramentos. Dessa forma, é possível inferir que esses atributos não sofreram, até o presente momento, a influência da redução da vazão do rio São Francisco. Entretanto, o fato das cinco espécies registradas na atual expedição de coleta serem citadas como invasoras em reservatórios, sendo duas delas bioindicadoras de ambientes poluídos, representa um risco aos usos mais nobres da água nos trechos sub-médio e baixo do rio São Francisco.

Os percentuais de frequência de ocorrência evidenciaram que a distribuição espacial das espécies nos bancos monitorados apresentou pequena oscilação ao longo dos meses de 2016 e, portanto, parece não estar sendo influenciada pela redução da vazão do rio São Francisco.

A equidade do montante de biomassa registrado nas três expedições de coleta permite inferir que a redução da vazão do rio São Francisco não tem induzido, até o presente momento, o crescimento desordenado de macrófitas aquáticas invasoras nos bancos monitorados. Entretanto, o aumento numérico da biomassa total de macrófitas aquáticas ao longo dessas expedições de coleta pode ser considerado um resultado preocupante, sinalizando para futuros problemas de crescimento dessas plantas.

No entanto, ainda é cedo para afirmar que a manutenção do período de redução do rio São Francisco influenciará positiva ou negativamente na produtividade primária das macrófitas aquáticas. Nesse sentido, é recomendado a continuidade do monitoramento dos bancos de macrófitas aquáticas em pontos específicos dos trechos sub-médio e baixo rio São Francisco, ampliando, caso necessário, o número de bancos monitorados.

3. EQUIPE TÉCNICA

Nome	Função	Registro Profissional	CTF/IBAMA
Representante Legal			
Alexandre Caruso Gomes	Engenheiro Ambiental	096715-0 CREA/SC	4598869
Francisco Caruso Gomes Junior	Geólogo	026850-0 CREA/SC	163516
Coordenação Técnica			
Felipe Vivian Smozinski	Engenheiro Ambiental	19543/D CREA-DF	474889
Equipe Técnica			
Edson Gomes de Moura Júnior	Biólogo	CRBio: 77.472/05-D	--
Carolina Claudino dos Santos	Bióloga	CRBio: 63.918/03-D	2664893
Guilherme do Amaral	Biólogo	CRBio: 63.978-01D	5339536
Equipe de Campo			
Hilton Satilino de Oliveira	Técnico Ambiental	--	--
Flávio Barbosa Batista	Técnico Ambiental	--	--

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AYRES, M., AYRES-JÚNIOR M., AYRES D. L., SANTOS A. A. Bioestat – Aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas. ONG Mamirauá: Belém, 2007.

ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP - APG III. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 161, p.105 -121, 2009.

BINI, L. M., THOMAZ S. M. Prediction of *Egeria najas* and *Egeria densa* occurrence in a large subtropical reservoir (Itaipu Reservoir, Brazil-Paraguay). **Aquatic Botany**, v. 83, p. 227 - 238, 2005.

BRUNDU, G. Plant invaders in European and Mediterranean inland waters: profiles, distribution, and threats. **Hydrobiologia**, v. 746, n. 1, p. 61-79, 2015.

COOK, C. D. K. et al. **Water plants of the world**. The Hague: Dr. Junk B. V., 1974.

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS DO BRASIL – CPTEC. **Dados de precipitação acumulada da Caatinga obtidos por satélite para os meses de dezembro de 2015 e janeiro de 2016. Disponível em**<http://sigma.cptec.inpe.br/prec_sat/> **Acesso em 20/02/2016.**

ESTEVES, F. A. **Fundamentos da Limnologia**. 3 Ed. Editora Interciência: Rio de Janeiro, 2011.

FADURPE. **Programa de monitoramento do rio São Francisco durante o período de vazão reduzida. Relatório mensal (junho de 2015): Monitoramento de macrófitas aquáticas**. p. 102 - 117.

FORZZA, R. C. et al. Lista de espécies da flora do Brasil. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Disponível em**< <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em 20/02/2016.

GO BOTANY. **Discover thousands of new England Plants Disponível em** <<https://gobotany.newenglandwild.org/species/wolffia/brasiliensis/>>. Acesso em 21/02/2016.

HENRY-SILVA, G. G., CAMARGO, A. F. M. Interações ecológicas entre as macrófitas aquáticas flutuantes *Eichhornia crassipes* e *Pistia stratiotes*. **Hoehnea**, v. 32, n. 3, p. 445 - 452, 2005.

HOWARD-WILLIAMS, C. Seasonal and spatial changes in the composition of the aquatic and semiaquatic vegetation of lake Chilwa, Malawi. **Vegetation**, v. 30, n. 1, p. 33 – 39, 1975.

- LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas**. Instituto Plantarum de Estudos da Flora: Nova Odessa, 2008.
- MATEUCCI, S. D., A. COLMA. La Metodologia para el Estudio de la Vegetacion. **Coleccion de Monografias Cientificas; Série Biologia**, v. 22, n. 1, p. 1 – 168, 1982.
- MOURA-JÚNIOR, E.G., et al. O gradiente rio-barragem do reservatório de Sobradinho afeta a composição florística, riqueza e formas biológicas das macrófitas aquáticas? **Rodriguésia**. v. 62, p. 731 – 742, 2011.
- MOURA-JÚNIOR, E.G. **Resposta quali-quantitativa da flora aquática vascular a alteração do regime hidrológico em reservatórios do Nordeste do Brasil**. Dissertação de Mestrado em Botânica (Universidade Federal Rural de Pernambuco), p. 85, 2012.
- MOURA-JÚNIOR, et al. Updated checklist of aquatic macrophytes from Northern Brazil. **Acta Amazonica**, v. 45, n. 1, p. 111 – 132, 2015.
- OLIVEIRA, J. A. et al. Absorção e acúmulo de cádmio e seus efeitos sobre o crescimento relativo de plantas de Salvinia e aguapé. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 13, n. 3, p. 329 – 341, 2001.
- PEIXOTO et al. Efeitos do flúor em folhas de plantas aquáticas de Salvinia auriculata. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 40, n. 8, p. 727 - 734, 2005.
- PIVARI, Marco Otavio Dias. **Inventário e dinâmica da sucessão de macrófitas aquáticas no sistema lacustre do Vale do Rio Doce**. Tese de doutorado (Universidade Federal de Minas Gerais), Minas Gerais, Brasil, 2011.
- POMPÊO, M. L. M.; MOSCHINI-CARLOS, V. **Macrófitas aquáticas e perifiton, aspectos ecológicos e metodológicos**. Rima: São Carlos, 2003.
- POTT, V. J.; CERVI, A. C. A família Lemnaceae Gray no Pantanal (Mato Grosso e Mato Grosso do Sul), Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 22, n. 2, p. 153 - 174, 1999.
- POTT, V. L.; POTT, A. **Plantas aquáticas do Pantanal**. Comunicação para Transferência de Tecnologia: Corumbá, 2000.
- SIQUEIRA-FILHO, et al. **A Flora das Caatingas do Rio São Francisco: história natural e conservação**. Andrea Jakobsson Estúdio Editorial: Rio de Janeiro, 2012.

SMITH, A. R. et al. A classification for extant ferns. **Taxon**, v. 55, n. 3, p. 705 – 731, 2006.

SOUSA, W. T. Z. et al. Environmental predictors of the occurrence of exotic *Hydrilla verticillata* (Lf) Royle and native *Egeria najas* Planch. in a sub-tropical river floodplain: the Upper River Paraná, Brazil. **Hydrobiologia**, v. 632, n. 1, p. 65 - 78, 2009.