



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

Rodrigo Bender Goltara Gomes

**Análise de Ações de Monitoramento, Controle e Prevenção do Mexilhão-
Dourado nas Usinas Hidrelétricas Brasileiras: Uma revisão**

Florianópolis

2023

Rodrigo Bender Goltara Gomes

**Análise de Ações de Monitoramento, Controle e Prevenção do Mexilhão-
Dourado nas Usinas Hidrelétricas Brasileiras: Uma revisão**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Engenharia Sanitária e Ambiental do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Orientador: Prof. Rodrigo de Almeida Mohedano, Dr.

Coorientadora: Christianne Coelho de Souza Reinisch Coelho, Dr^a.

Florianópolis

2023

Gomes, Rodrigo Bender Goltara

Análise de Ações de Monitoramento, Controle e Prevenção do Mexilhão-Dourado nas Usinas Hidrelétricas Brasileiras : Uma revisão / Rodrigo Bender Goltara Gomes ; orientador, Rodrigo de Almeida Mohedano, coorientador, Christianne Coelho de Souza Reinisch Coelho, 2023.

84 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Florianópolis, 2023.

Inclui referências.

1. Engenharia Sanitária e Ambiental. 2. mexilhão-dourado. 3. setor elétrico. 4. combate. I. Mohedano, Rodrigo de Almeida. II. Coelho, Christianne Coelho de Souza Reinisch. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. IV. Título.

Rodrigo Bender Goltara Gomes

Análise de Ações de Monitoramento, Controle e Prevenção do Mexilhão-Dourado nas Usinas Hidrelétricas Brasileiras: Uma revisão

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental e aprovado em sua forma final pelo Curso Engenharia Sanitária e Ambiental.

Local: Florianópolis, 8 de dezembro de 2023.



Bruno Segalla Pizzolatti

Banca examinadora



Prof. Rodrigo de Almeida Mohedano, Dr.

Orientador



Leonardo Luiz Maróstica

Instituição: Celesc Geração S.A.



Prof. Paulo Belli Filho, Dr.

Instituição Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis, 2023.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer aos meus pais, Marisa e Ilmar, por todo o apoio e suporte não só em relação à este trabalho, que foram fundamentais para a obtenção dos dados das empresas do setor elétrico através de seus contatos e networking de anos de trabalho na área ambiental, mas em toda minha vida pessoal e profissional. Além de sempre trabalharem duro para que nunca faltasse nada para nossa família, já passamos por inúmeras dificuldades juntos e conseguimos superar todas, tenho muito orgulho de vocês e sou eternamente grato, sem vocês não teria conquistado nada.

Agradeço ao meu irmão Lucas, pela parceria de sempre, meu melhor amigo, sempre juntos compartilhando aprendizados e experiências, apesar de brigas e discussões, um sempre buscando cobrar o outro a ser melhor.

Agradecimento especial à minha co-orientadora, Christianne, que semanalmente se reunia comigo, me dando inúmeras orientações e sugestões buscando a excelência do meu trabalho, ou melhor, nosso trabalho, pois sem você também não teria conseguido.

Agradeço também ao meu orientador, Rodrigo, pelas conversas, sugestões e correções, me ensinando a fazer um trabalho de pesquisa efetivamente.

Agradeço também a todos da Celesc Geração, por todo o aprendizado em pouco mais de um ano de estágio. Em especial ao meu supervisor, Leonardo, que sempre foi muito atento, disponibilizando-se para me ensinar todos os processos, me levando à campo para obter o conhecimento prático, e sempre dando exemplo em como ser uma pessoa íntegra no ambiente de trabalho.

Agradeço também a todos os amigos que fiz na graduação, do próprio curso e de outros cursos, em especial ao Cainan, Gustavo (Wagner) e Cauê, que são amigos verdadeiros para vida toda, sempre com muitas risadas, histórias para contar e muito apoio.

RESUMO

O mexilhão-dourado (*Limnoperna fortunei*) é uma espécie exótica invasora originária da Ásia, que chegou na América do Sul em meados de 1990 e vem causando diversos impactos ambientais e socioeconômicos, com destaque para as usinas hidrelétricas, onde acabam causando entupimento de tubulações, redução do diâmetro de encanamentos, obstrução de filtros, bombas, trocadores de calor e grades. Isso acaba ocasionando a parada de máquinas com maior frequência para limpeza das peças causando uma interrupção no volume de energia disponibilizado no sistema elétrico. A espécie tem alta capacidade reprodutiva, fixa-se sobre inúmeros substratos, e com a ausência de predadores naturais juntamente com sua adaptabilidade, dispersa-se facilmente pelas bacias hidrográficas. O objetivo deste trabalho foi levantar as ações de monitoramento, prevenção e controle do mexilhão-dourado que as empresas do setor elétrico estão implantando nas usinas hidrelétricas no Brasil. A pesquisa caracteriza-se como exploratória. Foi realizado levantamento bibliográfico nos relatórios de sustentabilidade e enviado questionário às empresas de geração de energia para identificar as ações que vêm sendo tomadas por elas no combate ao mexilhão-dourado. Nove empresas responderam ao questionário, entre elas Eletrobrás Chesf, Cemig, CTG Brasil, Itaipu Binacional e Engie. Os resultados apontam que as principais soluções adotadas são de controle químico, físico, além de constante monitoramento e ações de educação ambiental.

Palavras-chave: mexilhão-dourado; setor elétrico; combate.

ABSTRACT

The golden mussel (*Limnoperna fortunei*) is an invasive exotic species originating from Asia, which arrived in South America in the mid-1990s and has been causing several environmental and socioeconomic impacts, particularly in hydroelectric plants, where they end up causing clogging of pipes, reduction in the diameter of pipes, obstruction of filters, pumps, heat exchangers and grids. This ends up causing machines to stop more frequently to clean parts, causing an interruption in the volume of energy available in the electrical system. The species has a high reproductive capacity, settles on numerous substrates, and with the absence of natural predators together with its adaptability, it easily disperses throughout river basins. The objective of this work was to survey the monitoring, prevention and control actions for golden mussels that companies in the electrical sector are implementing in hydroelectric plants in Brazil. The research is characterized as exploratory. A bibliographical survey was carried out on sustainability reports and a questionnaire was sent to energy generation companies to identify the actions that have been taken by them to combat golden mussels. Nine companies responded to the questionnaire, including Eletrobrás Chesf, Cemig, CTG Brasil, Itaipu Binacional and Engie. The results indicate that the main solutions adopted are chemical and physical control, in addition to constant monitoring and environmental education actions.

Keywords: golden mussel; hydroelectric plants; combat.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mexilhão-dourado <i>Limnoperna fortunei</i>	19
Figura 2 – Ciclo de vida do mexilhão-dourado	21
Figura 3 – Macroaglomerado coletado no Lago Guaíba, Porto Alegre, RS..	26
Figura 4 – Distribuição do <i>Limnoperna fortunei</i> na América do Sul.....	30
Figura 5 – Matriz Energética Brasileira 2022.....	32
Figura 6 – Matriz Elétrica Brasileira em 2022	33
Figura 7 – Entupimento de tubulação por mexilhão-dourado	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Taxonomia do Mexilhão-dourado	21
Tabela 2 – Usinas hidrelétricas brasileiras com registros de ocorrência de mexilhão-dourado.....	34
Tabela 3 – Relatórios com informações sobre mexilhão-dourado encontrados	46
Tabela 4 – CL50 de substâncias moluscocidas.....	49
Tabela 5 – Capacidade de Geração Hidrelétrica.....	51
Tabela 6 – Detecção do mexilhão-dourado	51
Tabela 7 – Usinas e bacias hidrográficas dos rios	52
Tabela 8 – Estratégias de prevenção e controle adotadas pelas empresas.....	53
Tabela 9 – Impactos causados nas usinas e reservatórios	55
Tabela 10 – Procedimentos de monitoramento adotados pelas empresas ..	56
Tabela 11 – Atividades de pesquisa realizadas pelas empresas	57
Tabela 12 – Educação ambiental realizada pela empresa	58
Tabela 13 – Informações Relatórios de Sustentabilidade.....	60

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BEN	Balanço Energético Nacional
CGH	Central Geradora Hidrelétrica
CHESF	Companhia Hidro Elétrica do São Francisco
CONABio	Comissão Nacional de Biodiversidade
CTG Brasil	<i>China Three Gorges</i> Brasil
ENCEA	Estratégia Nacional Comunicação e Educação Ambiental no Âmbito do Sistema Nacional de Unidades de Conservação
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
GW	Gigawatt
GWh	Gigawatt-hora
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
LAO	Licença Ambiental de Operação
MMA	Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima
MME	Ministério de Minas e Energia
MW	Megawatt
NORMAM 20	Norma da Autoridade Marítima 20
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
P&D	Pesquisa & Desenvolvimento
UC	Unidades de Conservação
UG	Unidade Geradora
UHE	Usina Hidrelétrica

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	OBJETIVOS	17
2.1	OBJETIVO GERAL	17
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
3.1	MEXILHÃO-DOURADO	19
3.1.1	Problemática do Mexilhão Dourado	19
3.1.2	Biologia do mexilhão-dourado	20
3.1.3	Ambientes de desenvolvimento do mexilhão-dourado	23
3.1.4	Espécies exóticas invasoras	26
3.1.5	Histórico do mexilhão-dourado no Brasil	28
3.1.6	Impactos do mexilhão-dourado	30
3.2	GERAÇÃO DE ENERGIA HIDRELÉTRICA E O MEXILHÃO-DOURADO ..	31
3.2.1	Matriz energética e elétrica brasileira	31
3.2.2	Impactos do mexilhão-dourado nas usinas hidrelétricas	33
3.3	AÇÕES SETORIAIS PARA COMBATE AO MEXILHÃO-DOURADO	38
4	METODOLOGIA	42
4.1	LEVANTAMENTO TEÓRICO.....	43
4.2	COLETA DE DADOS JUNTO ÀS EMPRESAS DO SETOR ELÉTRICO	43
4.2.1	Levantamento dos Relatórios de Sustentabilidade	45
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
5.1	ESTADO DA ARTE DO CONTROLE DO MEXILHÃO-DOURADO	46
5.1.1	Tintas anti-incrustantes	47
5.1.2	Microencapsulados	47
5.1.3	Formas de Cloro	48
5.1.4	Sulfato de Cobre	49
5.1.5	Outros Produtos e Métodos	50
5.2	PESQUISA JUNTO ÀS EMPRESAS DO SETOR ELÉTRICO.....	50
5.3	LEVANTAMENTO DOS RELATÓRIOS DE SUSTENTABILIDADE	60
6	CONCLUSÃO	63
	REFERÊNCIAS	65
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO	81

1 INTRODUÇÃO

No mundo moderno, a geração de energia elétrica é a base para o desenvolvimento das indústrias básicas, sendo uma das atividades mais importantes e essenciais para a humanidade. É responsável por fornecer energia para diversos setores da economia, bem como para o uso doméstico de bilhões de pessoas ao redor do mundo. No entanto, há diversos fatores que podem comprometer esse processo, dentre os quais destacamos o mexilhão-dourado.

O mexilhão-dourado é uma espécie invasora que chegou no Brasil em meados da década de 1990 e não possui predador natural nos ecossistemas aquáticos brasileiros (Darrigran & Pastorino, 2003). Esse molusco é originário do continente asiático e foi introduzido no país através da água de lastro de navios e embarcações que trafegavam pela costa brasileira. Essa espécie é muito prolífera e se reproduz rapidamente, colonizando novas áreas, podendo causar inúmeros prejuízos ao meio ambiente (DARRIGRAN; PASTORINO, 1995; LUDWIG *et al.*, 2021).

Na geração de energia hidrelétrica, o mexilhão obstrui as tubulações devido à incrustação nas paredes internas dos condutos, fixando-se nas superfícies e comprometendo a vazão da água, prejudicando o desempenho das turbinas, e, conseqüentemente, a capacidade de geração de energia elétrica (SANTOS *et al.*, 2012a; DARRIGRAN; DAMBORENEA, 2009, BOLTOVSKOY *et al.*, 2015c).

Segundo o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA, 2019), o molusco está presente em cerca de 40% das usinas hidrelétricas brasileiras. Essa situação apontada pelo IBAMA é um sinal de alerta, considerando que a geração de energia através de usinas hidrelétricas corresponde a aproximadamente 62% da matriz elétrica brasileira (Empresa de Pesquisa Energética, 2023).

Afetando não apenas o setor elétrico, o problema do mexilhão-dourado causa preocupações também nos setores ambiental e social, ocasionando prejuízos nas comunidades que dependem do ambiente dos reservatórios e todos os organismos que compõem o ecossistema (IBAMA, 2020; Rong *et al.*, 2021).

Para minimizar os impactos causados pelo mexilhão-dourado, as empresas de geração de energia têm investido em tecnologias de prevenção e controle dessa espécie invasora. No entanto, é importante ressaltar que o combate ao molusco é uma

tarefa desafiadora e que exige a colaboração de todos os setores da sociedade. Somente assim será possível garantir a preservação do meio ambiente e continuidade da geração de energia elétrica de forma sustentável (IBAMA, 2020).

A escolha do tema deste trabalho deve-se a uma demanda que surgiu durante o estágio curricular do pesquisador numa empresa de energia elétrica em Santa Catarina, possuidora de 12 Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) em funcionamento.

No ano de 2019, durante o monitoramento de macroinvertebrados aquáticos, que está englobado no Programa de Supervisão Ambiental que é feito anualmente para atendimento à Licença Ambiental de Operação (LAO), foi identificada a presença do mexilhão-dourado no reservatório da PCH Celso Ramos, localizada no município de Faxinal dos Guedes, bacia hidrográfica do Rio Chapecó, que é um dos maiores afluentes do Rio Uruguai, o que serviu de alerta à empresa, considerando-se os impactos já registrados do avanço do mexilhão-dourado em diversas usinas hidrelétricas no Brasil, incluindo Itaipu.

Frente a essa situação surgiu a necessidade de buscar maiores informações sobre o mexilhão-dourado, seus impactos nos reservatórios e usinas hidrelétricas bem como levantar as ações de monitoramento, prevenção e controle que já estão sendo realizadas por outras empresas do setor.

A pergunta de pesquisa que norteou o presente trabalho é: Quais são as ações de monitoramento, prevenção e controle do mexilhão-dourado que as empresas do setor elétrico estão implantando nas usinas hidrelétricas no Brasil?

A resposta a essa pergunta pode trazer subsídios técnicos para ações de monitoramento prevenção e controle em usinas que estão no estágio inicial, bem como reavaliação dos procedimentos em usinas que já realizem essas atividades, buscando ações integradas.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Levantar e sistematizar informações sobre as ações de monitoramento, prevenção e controle do mexilhão-dourado aplicadas por empresas do setor elétrico em âmbito nacional.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Levantar informações bibliográficas e junto às empresas de geração de energia hidrelétrica sobre os procedimentos adotados para combater a invasão do Mexilhão-Dourado;
- Compilar as formas de monitoramento, controle e prevenção do mexilhão-dourado nas usinas hidrelétricas;
- Sistematizar e apresentar informações técnico-científicas sobre as alternativas de combate ao mexilhão-dourado, visando auxiliar os tomadores de decisão;

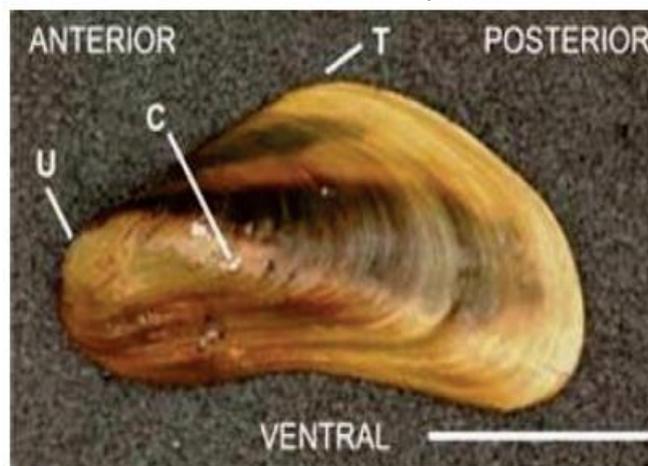
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 MEXILHÃO-DOURADO

3.1.1 Problemática do Mexilhão Dourado

O mexilhão-dourado é um molusco bivalve de origem asiática que chegou à América do Sul através da água de lastro de navios cargueiros.,mas desde que chegou nas águas doces brasileiras, oriundo da Bacia Hidrográfica do Rio do Prata, no começo dos anos 90, se tornou um grande problema ambiental e econômico (DARRIGRAN; MANSUR, 2009). A imagem de um mexilhão-dourado adulto pode ser visualizado na Figura 1.

Figura 1 – Mexilhão-dourado *Limnoperna fortunei*



Legenda: A) valva exibindo padrão de coloração e contorno triangular (Umbo, U; Carena, C; Topo, T).

Fonte: IBAMA, 2020; MANSUR, 2012.

A capacidade do homem de transportar por longas distâncias de rios, terra ou mar facilitou a introdução de espécies em outras áreas. Ainda com o advento da navegação e a globalização, a introdução de organismos aquáticos em ambientes exóticos acabou se tornando algo mais comum (Silva *et al.*, 2004). Organismos incrustados são transportados, não intencionalmente, nas estruturas de navios, como cascos e hélice. Porém o principal vetor de disseminação das espécies exóticas é a água de lastro, esta que confere estabilidade para as embarcações. Quando o navio não está carregado com mercadorias, leve, necessita encher seus tanques de lastro

com água para garantir navegabilidade e fluabilidade para a embarcação (Fernandes *et al.*, 2012). E no caso de carregamento do navio com mercadorias, é preciso delastrar, ou seja esvaziar os tanques de lastro, assim jogando água de outra localidade neste porto. Nessa água delastrada estão presentes diversas formas de vida de outras regiões, que se encontrarem condições ambientais favoráveis, podem se estabelecer neste novo local e reproduzir-se (Fernandes & Leal Neto, 2009). Portanto, com o crescente intercâmbio comercial entre países, há um aumento no transporte marítimo, ocasionando um maior número de casos de espécies exóticas invasoras no Brasil e no mundo (Mansur *et al.*, 2012).

O mexilhão-dourado pode ser considerado como “engenheiro do ecossistema”, pois com suas conchas dispostas na forma de aglomerados cria novos habitats, alterando o ambiente natural, fazendo com que espécies nativas tenham que se deslocar, provocando até morte de peixes (Gutiérrez *et al.*, 2003; Darrigran *et al.*, 2003; DARRIGRAN; DAMBORENEA, 2011).

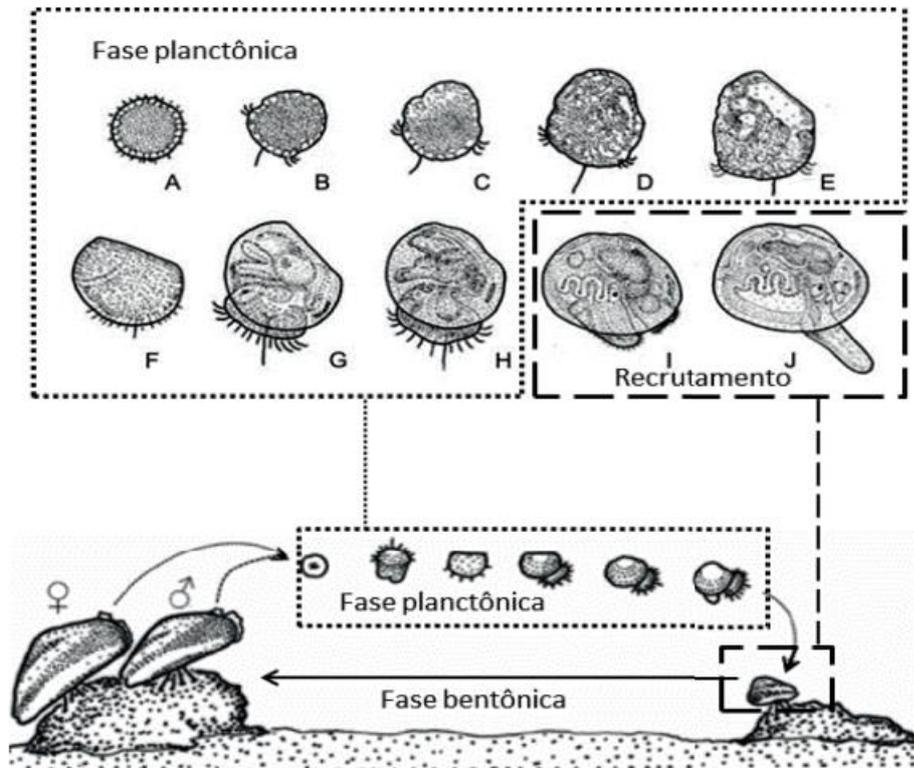
3.1.2 Biologia do mexilhão-dourado

As colônias de mexilhão-dourado podem atingir densidades de mais de 200 mil indivíduos por metro quadrado, provocando alteração da cadeia alimentar e da qualidade da água (DARRIGRAN; DAMBORENEA, 2011).

Segundo de Rezende Ayroza *et al* (2021), *Limnoperna fortunei* apresenta sua menor densidade de junho a agosto, e sua maior densidade de novembro a março, conforme experimentos realizados em gaiolas de rede em reservatórios subtropicais.

O mexilhão-dourado costuma ter fecundação externa, com larvas livres-natantes. Ademais consegue se fixar em qualquer substrato, o que é um problema enorme quando se trata de invasão e pragas. Mais ainda, adapta-se rapidamente às condições ambientais de temperatura e pressão (BOLTOVSKOY, 2015; AMO *et al.*, 2021). O ciclo de vida do mexilhão-dourado pode ser visualizado na Figura 2.

Figura 2 – Ciclo de vida do mexilhão-dourado



Legenda: A) mórula ciliada; B) a E) trocóforas I a IV (comprimentos respectivos de 80-125 μm); estádios valvados, F) a larva "D" (100-130 μm), G) véliger de charneira reta (140-180 μm), H) véliger umbonado (190-230 μm), I) pedivéliger (230-270 μm) e J), a pós-larva ou plantígrada (300 μm) bentônica epifaunal.

Fonte: IBAMA, 2020; adaptado de Mansur et al., 2012.

Com 30 dias de vida eles começam a se reproduzir, ainda que tenham somente 0,5 centímetros nesse período. Comumente, tem uma expectativa de vida de três anos, e uma única fêmea é capaz de gerar até 28 mil ovos (BOLTOVSKOY; CATALDO, 1999; DARRIGRAN; DAMBORENEA, 2011 apud ARAUJO, 2022).

Golden mussel (do inglês), ou mexilhão-dourado como é popularmente conhecido no Brasil, é uma das espécies de mexilhão de água doce da família *Mytilidae*, onde sua maior parte habita os estuários e oceanos (IBAMA, 2020). A taxonomia do mexilhão-dourado pode ser visualizada na Tabela 1.

Tabela 1 – Taxonomia do Mexilhão-dourado

Categorias Taxonômicas	Classificação
Reino	<i>Animalia</i>
Filo	<i>Mollusca</i>
Classe	<i>Bivalvia Linné</i>
Ordem	<i>Mytiloida Ferrusac</i>

Família	<i>Mytilidae Rafinesque</i>
Gênero	<i>Limnoperna Rochebrune</i>
Espécie	<i>Limnoperna fortunei</i>

Fonte: Adaptado de Plano Nacional de Prevenção, Controle e Monitoramento do Mexilhão-dourado (*Limnoperna fortunei*) no Brasil, 2020.

De acordo com Mansur *et al* (2012), em algumas espécies de moluscos bivalves as larvas desenvolvem-se no interior do corpo da mãe, sendo liberadas na fase final de larva no bentos, e em outras espécies as larvas se desenvolvem no plâncton.

De acordo com Boltovskoy (2015) o sucesso da invasão do mexilhão-dourado na América do Sul pode ser devido a cinco fatores: (1) a larva livre natante, o que facilita a dispersão do molusco no plâncton; (2) o adulto ser bissado e sésil, ocupando substratos consolidados como cascos de navios; (3) construção de reservatórios; (4) aumento da interconectividade entre bacias hidrográficas através de hidrovias, transposição de bacias e transporte de embarcações por via terrestre; (5) crescimento da navegação em águas continentais.

Segundo Morton (1982) o mexilhão-dourado é dioico, apresentando sexos separados, e de acordo com Choi & Shin (1985) é classificado como uma espécie gonocórica. Geralmente fêmeas e machos apresentam-se em proporções iguais, apesar de haver relatos de hermafroditismo, que foram reportados no Rio da Prata na Argentina (Darrigran *et al.*, 1998b;1999) e no Rio Paraguai em Corumbá, MS (Uliana & Callil, 2006).

A espécie é classificada como um animal filtrador, se alimentando de plâncton (plantas e animais microscópicos que vivem nas águas). Cada molusco filtra de 125 até 350 mL de água por hora (SYLVESTER *et al*, 2005).

O mexilhão-dourado também é classificado como macroinvertebrado bentônico, que são animais habitantes de substratos de rios, lagoas, lagos, estuários, arroios e mares (Pereira *et al.*, 2012). Dentre os macroinvertebrados bentônicos encontra-se moluscos, crustáceos, anelídeos, insetos, entre outros. Após os insetos, o grupo que apresenta maior representatividade no bentos são os moluscos de água doce, somente de bivalves são conhecidas 114 espécies para o Brasil, porém apenas cinco espécies de bivalves e quatro espécies de gastrópodes são invasoras (Pereira *et al.*, 2012).

O mexilhão-dourado é um ativo filtrador, alimentando-se de materiais em suspensão como bactérias, organismos zooplancônicos e fitoplanctônicos e sólidos suspensos. Se comparado a outros bivalves de água doce, sua capacidade de filtração é muito superior (SYLVESTER *et al.*, 2009).

Por se tratarem de ativos filtradores, os moluscos bivalves atuam como bioacumuladores de diversas substâncias, sendo algumas tóxicas como os metais pesados, que ficam armazenadas em seus tecidos e concha. Por fazer parte da dieta de peixes, há o risco sanitário de bioacumulação de metais pesados em humanos que consumirem esses peixes (Mansur *et al.*, 2012).

A grande capacidade de reprodução do mexilhão-dourado tem facilitado a sua rápida disseminação desde quando foi introduzida na América do Sul (Pastorino *et al.*, 1993; Mansur *et al.*, 1999).

Segundo Ricciardi & Rasmussen (1998) alguns requisitos para a espécie se tornar um bioinvasor de sucesso são apresentar um rápido crescimento, um curto ciclo de vida, maturidade sexual precoce e alta fecundidade.

3.1.3 Ambientes de desenvolvimento do mexilhão-dourado

Por não apresentar variações ambientais, predadores ou parasitas que controlem o seu crescimento populacional, o molusco infesta lagos, rios e reservatórios do país sem controle (CIÊNCIA HOJE, 2016).

A população do mexilhão-dourado pode ser encontrada em ambientes lênticos e lóticos, em águas de adutoras e encanamentos (MORTON, 1973).

O mexilhão-dourado se desenvolve preferencialmente em ambientes lóticos bem oxigenados, é transformador do meio ambiente alterando a paisagem ribeirinha e a composição do bentos, apresentando um comportamento invasivo (Morton, 1973, 1977; Darrigran & Damborenea, 2006a; Mansur *et al.*, 2004a, b *apud* Mansur *et al.*, 2012; Rong *et al.*, 2021).

O molusco se fixa em qualquer superfície submersa em várias camadas e provoca o entupimento de bombas e tubulações de captação de água, de máquinas em hidrelétricas e de redes de criadouros de peixes e danifica barcos e equipamentos de pesca, gerando prejuízos financeiros significativos para as empresas geradoras de energia e para as comunidades pesqueiras das regiões afetadas (CTG BRASIL, 2019).

O molusco *Limnoperna fortunei* fixa-se sobre outros animais bentônicos, como gastrópodes, crustáceos e outros bivalves, além dos substratos duros como pedras e troncos (Duchini *et al.*, 2018). Assim, prejudicando esses animais e levando-os à morte precoce, deste modo, interferindo na biodiversidade do bentos (Mansur *et al.*, 2012).

O potencial de sobrevivência dos moluscos é afetado por diversas variáveis, porém as variáveis chamadas essenciais são a alcalinidade, pH, níveis de cálcio e dureza total (Mackie & Claudi, 2010).

Outros fatores relevantes que também influenciam são os atributos da espécie, como: tolerância a ampla faixa de pH (PEREIRA, 2014), tolerância à dessecação (DARRIGRAN *et al.*, 2004), reprodução contínua (BOLTOVSKOY *et al.*, 2015a), tolerância à baixa concentração de cálcio (OLIVEIRA *et al.*, 2010a) e sobrevivência à passagem pelo trato digestivo de algumas espécies de peixes (BELZ, 2009).

Ricciardi (1998) indica que o pH ideal para manifestações de *Limnoperna fortunei* é acima de 6,4. O pH do Rio Paraguai é em torno de 6,5, mas podendo chegar a 5 em inundações.

De acordo com Oliveira *et al.* (2011) águas com concentração de cálcio acima de 1 mg/L apresentam potencial para infestação do mexilhão-dourado, mas podendo ocorrer em baixas densidades.

De acordo com Xia *et al.* (2021), estudos realizados apontaram que mexilhões-dourados conseguiram sobreviver mais de 108 dias em água com temperatura inferior a 5 °C, indicando que a espécie adquiriu uma maior resistência à águas frias, abrangendo ainda mais sua capacidade de expansão.

Quanto aos habitats aquáticos, a espécie exótica invasora é pouco seletiva, podendo viver em regiões litorâneas de lagunas, lagos, lagoas, represas, margens e canais de rios e arroios. Porém apresenta uma certa tolerância às águas salobras, tendo registros em regiões cuja salinidade não ultrapassa 13‰ (RICCIARDI, 1998). Em relação aos valores de salinidade (2‰), o molusco é mais restritivo, apresentando populações estabelecidas (MORTON, 1976).

Segundo Karatayev *et al.* (2015), o mexilhão-dourado consegue tolerar uma concentração de oxigênio dissolvido de até 0,5 mg/L.

Testes laboratoriais indicam que o mexilhão-dourado consegue sobreviver em valores extremos de pH (de 4-11) após 5 dias de exposição (PEREIRA, 2014). De acordo com Rotta (2003), quando o molusco atravessa o trato digestivo de peixes que

não apresentam o aparato bucal adaptado para triturar as conchas há o risco de dispersão, permitindo assim a sobrevivência do animal após ser liberado pela cloaca, já que o pH estomacal de alguns peixes apresentam-se entre 2 e 6.

De acordo com Deaton *et al* (1989), foram realizados estudos em ambientes estuarinos de Hong Kong testando a resistência do *Limnoperna fortunei* quanto à salinidade, e observou-se que essa espécie apresenta baixa tolerância, conseguindo suportar uma faixa de 0 a 12 g/L. Segundo Angonesi & Bemvenuti (2008), já na Lagoa dos Patos (RS, Brasil) verificou-se que populações do molusco não suportam concentrações acima de 4 g/L durante 10 dias de exposição. No Rio da Prata também foram observados aglomerados, onde a salinidade média não ultrapassa 3 g/L (Darrigran & Pastorino, 1995; Darrigran, 2002; Brugnoli *et al.*, 2005).

Em lagos e lagoas costeiras, o mexilhão-dourado pode ser encontrado tanto em zonas profundas como no litoral, fixado sobre substratos duros ou até mesmo sobre outros organismos que apresentam carapaça rígida que permita a fixação pelos fios de bisso. A presença nas zonas profundas é mais escassa, tendendo a zero dependendo da profundidade do corpo lântico. Já em rios e córregos, pode ocorrer em meso-habitats de remanso tanto como de corredeiras, fixado aos substratos duros submersos. Em sistemas deltaicos, encontram-se em canais distributários entre ilhas e pequenas enseadas, ou sacos, onde aderem-se às macrófitas aquáticas (PFEIFER; PITONI, 2003). Em planícies de inundação de grandes rios ocorrem em baías (OLIVEIRA; BARROS, 2003). Já nas represas, a distribuição depende do fluxo, da constituição do substrato e da profundidade, ocorrendo em até cerca de 14 metros de profundidade em substratos de areia e seixo e fundo rochoso (CORREA *et al.*, 2015). Em lagunas, a distribuição dos habitats varia de acordo com a entrada da cunha salina, havendo predominância de registros em cenários de limnificação de estuários e elevados índices de mortalidade em cenários de entrada de cunha salina (CAPÍTOLI *et al.*, 2008).

O molusco pode se fixar em diversos substratos, na literatura são citados: raízes e galhos de vegetação ribeirinha, costões e fundos rochosos, conchas de moluscos, galhos de macrófitas, carapaças de crustáceos, e cascos de quelônios (Duchini *et al*, 2018). Em outros bivalves, o aglomerado impede a movimentação das valvas e dificulta os processos de filtração, inalação, locomoção e excreção, matando o molusco. Na ausência de substratos duros, consegue se aderir também ao silte

estabilizado (MANSUR *et al.*, 2003; MANSUR *et al.* 2008; CORREA *et al.*, 2015). O poder de aglomeração do mexilhão-dourado pode ser visualizado na Figura 3.

Figura 3 – Macroaglomerado coletado no Lago Guaíba, Porto Alegre, RS



Fonte: IBAMA, 2020; MANSUR, 2012.

Substratos artificiais também são colonizados por esta espécie, como: sistemas de resfriamento, turbinas, grades, bombas captadoras de água, estacas, paredões de concreto, píeres, comportas de reservatórios, barcos e motos aquáticas (MANSUR *et al.*, 2012; CORREA *et al.*, 2015).

3.1.4 Espécies exóticas invasoras

Segundo MMA (2016), espécies exóticas invasoras são aquelas que são provenientes de outro ambiente e quando introduzidas, adaptam-se e passam a proliferar e se reproduzir, causando alterações nos processos ecológicos naturais, prejudicando os ecossistemas, habitats e espécies nativas. Podendo também apresentar risco e impactar negativamente a sociedade e economia.

Espécies exóticas ou introduzidas correspondem àquelas que estão presentes em um ecossistema onde elas não são originárias, ou seja, nativas. Há diversos termos utilizados para fazer referência às espécies exóticas: espécies alienígenas; estrangeiras; não indígenas; não nativas; transplantadas e alóctones (Espinola & Ferreira Junior, 2007).

Segundo Alho *et al.* (2011), para a União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN) e Governo Brasileiro, as espécies invasoras foram consideradas a

terceira maior ameaça à biodiversidade. De acordo com Coradin (2006), o Ministério do Meio Ambiente considera espécies invasoras como a segunda maior causa de extinção de espécies.

Segundo IBAMA (2020), o mexilhão-dourado difere das espécies invasoras pertencentes à família *Dreissenidae*, mexilhão-guaga (*Dreissena rostriformis bugensis*) e mexilhão-zebra (*Dreissena polymorpha*) devido ao fato da ausência de septo, que é uma estrutura interna típica da região umbonal da concha de *Dreissenidae*.

Mansur *et al* (2012) elencou alguns potenciais vetores de dispersão e introdução de moluscos límnicos invasores:

- Água de lastro;
- Aquariofilia;
- Embarcações de pequeno a grande porte em trânsito por hidrovias ou via terrestre;
- Águas armazenadas em cisternas e tanques das embarcações, contaminadas com larvas e juvenis de moluscos invasores;
- Areia contaminada retirada de rios;
- Transposição de bacias;
- Aquicultura;
- Peixes malacófagos;
- Água de recipientes contendo iscas vivas;
- Utilização de moluscos invasores como isca;
- Transposição por via terrestre de barcos utilizados para pesca, lazer ou inspeção do reservatório de bacias contaminadas para bacias não contaminadas.

No ambiente de água doce do Brasil, além das espécies invasoras de bivalves temos também espécies de gastrópodes. Essa invasão de espécies exóticas invasoras traz prejuízos à economia e o meio ambiente (Mansur *et al.*, 2012).

As principais espécies exóticas invasoras encontradas no ambiente límnico brasileiro são o *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857), *Corbicula largillierti* (Philippi, 1844) e *Corbicula fluminea* (Muller, 1774). Essas espécies apresentam grande

capacidade reprodutiva, gerando problemas econômicos e ambientais, necessitando constante monitoramento (Santos *et al.*, 2012).

Segundo Tschá *et al* (2012) é essencial a detecção precoce de espécies aquáticas invasoras para elaboração e implementação de efetivas medidas de controle ou mitigação. O monitoramento de moluscos bivalves invasores pode ser feito pela observação das conchas no ambiente, porém a detecção é tardia, prejudicando ações de controle (Tschá *et al.*, 2012), além de que a observação de moluscos fixados em substratos em águas turvas ou mais profundas é pouco efetiva. Só a presença de indivíduos adultos já é um grande indício de que as populações se encontram em estágio avançado de colonização (Tschá *et al.*, 2012).

3.1.5 Histórico do mexilhão-dourado no Brasil

O mexilhão-dourado foi detectado pela primeira vez na América do Sul em 1991, na Praia de Bagliardi, localizada no Rio da Prata na Argentina (DARRIGRAN; PASTORINO, 1995; DARRIGRAN; MANSUR, 2009).

Durante vários anos o molusco ficou restrito na região do estuário do Rio da Prata e parecia que não criaria maiores problemas ambientais. A partir de 1995 o molusco começou a migrar rapidamente para o norte, atingindo as bacias hidrográficas dos rios Paraná e Paraguai (DARRIGRAN; MANSUR, 2009).

As primeiras notícias de invasão do mexilhão-dourado em águas de rios brasileiros foram em 1998, quando colônias da espécie foram identificadas, quase que simultaneamente, no rio Paraná no Mato Grosso do Sul, e na região do Complexo Lagunar Guaíba/Lagoa dos Patos (MANSUR *et al.*, 1999; MANSUR *et al.*, 2003; BURNS *et al.*, 2006. Estudos científicos sugerem que, a partir de 1995, a espécie atingiu uma velocidade de expansão de cerca de 240 km a cada ano (DARRIGRAN; EZCURRA DE DRAGO, 2000).

Continuamente, o molusco foi se dispersando para os afluentes da Bacia do Rio da Prata, para o Rio Paraguai em Assunção em 1997 e Corumbá no Mato Grosso do Sul em 1998 (OLIVEIRA *et al.*, 2015). Dispersando-se principalmente por meio de transporte de indivíduos fixados nos cascos de embarcações.

Segundo Darrigran e Mansur (2009) em 2001 começaram a se ter registros nas Bacias do Rio Uruguai e do Rio Paraná na Usina Hidrelétrica de Itaipu. A barragem de Itaipu era considerada uma barreira intransponível para a invasão do mexilhão-

dourado no reservatório, portanto foram supostas duas hipóteses de possíveis meios de introdução da espécie: 1) através de barcos infestados oriundos de Porto Alegre; e 2) introdução acidental por animais (aves e mamíferos) e humanos (DARRIGRAN. EZCURRA DE DRAGO, 2000).

Entre os anos de 2001 e 2005, houve a maior dispersão da espécie no Alto Rio Paraná, chegando até o rio Tietê. Já nos anos de 2011 e 2012 foram registrados casos de infestação no Alto Rio Uruguai, na Usina Hidrelétrica Barra Grande no Rio Pelotas e no reservatório de Furnas, no Rio Grande em Minas Gerais (AGUDO-PADRÓN; PORTO FILHO, 2013; IBAMA, 2020).

Segundo Boltovskoy (2015), os países situados na costa do Oceano Pacífico apresentam menor probabilidade de introdução da espécie exótica invasora *Limnoperna fortunei* por possuírem menores atividades de navegação em relação à costa do Atlântico, e seus rios apresentarem maiores velocidades de fluxo.

De acordo com Barbosa *et al* (2016), já se tem registros na Bahia, na UHE Sobradinho no Rio São Francisco. Assim, o mexilhão conseguiu se dispersar pela Argentina, Brasil, Uruguai e Paraguai, por toda a Bacia do Prata até os estados da Bahia e Pernambuco (HERMES-SILVA *et al.*, 2021; LEAL *et al.*, 2021).

De acordo com Ludwig *et al* (2021), a infestação do mexilhão-dourado no Brasil está expandindo rapidamente, e a bacia hidrográfica Amazônica enfrenta uma ameaça de invasão alarmante.

A distribuição do mexilhão-dourado na América do Sul pode ser visualizada na Figura 4.

Figura 4 – Distribuição do *Limnoperna fortunei* na América do Sul



Fonte: IBAMA, 2020; CBEIH, 2017.

3.1.6 Impactos do mexilhão-dourado

Segundo Hicks (2004) a amplitude dos impactos do mexilhão-dourado no ambiente está diretamente relacionada à susceptibilidade do ecossistema à invasão e ao tamanho populacional. De acordo com Mansur *et al* (2003) no início da invasão as densidades são altas e com o tempo reduzem até um equilíbrio estável. A filtração exercida pela espécie afeta as características físicas da coluna d'água, como a transparência e penetração de luz (Sylvester *et al.*, 2005; Boltovskoy *et al.*, 2009b), e a vazão (Boltovskoy *et al.*, 2006).

Indústrias que acabam utilizando água bruta para o sistema de resfriamento e estações de tratamento que captam água bruta para abastecimento também sofrem com a infestação e incrustação do molusco em seus sistemas (De Medeiros Fortunato

& Andrade Figueira, 2022). Necessitando assim, a parada das unidades para o desentupimento e retirada dos macroaglomerados, gerando grandes despesas. Estima-se que em apenas um dia de limpeza com as máquinas paradas há perdas econômicas na ordem de milhões de reais.

No entupimento de uma estação de tratamento de água são necessárias diversas etapas de limpeza, pois cada sistema e estrutura requer um procedimento específico (Mansur *et al.*, 2012).

Segundo Mansur *et al* (2003) a espécie invasora também causa prejuízos na navegação interna e marinas, incrustando-se não só nos cascos, mas também dentro dos motores, bombas, tubulações, sistemas de refrigeração, lemes e hélices, danificando as peças e reduzindo o desempenho e velocidade da embarcação.

Quando o molusco exótico invasor incrusta-se sobre ferro, concreto ou madeira, pode ocasionar o fechamento de toda a superfície, criando assim um ambiente anóxico, que é propício ao desenvolvimento de bactérias anaeróbicas, que produzem ácido sulfúrico durante seu metabolismo. Ácido esse que é altamente corrosivo, acelerando o processo de apodrecimento e corrosão do material da base (Mansur *et al.*, 2012).

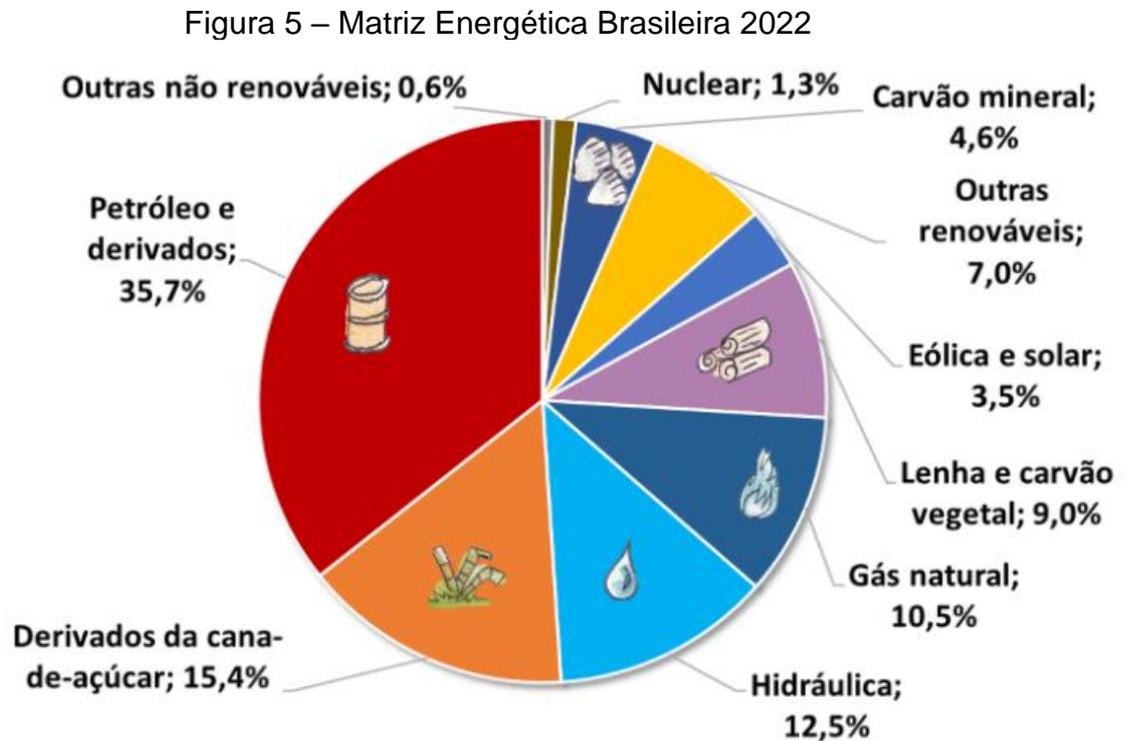
Na piscicultura o mexilhão adere-se às telas e demais estruturas de flutuação e suporte de tanques-rede. Com a obstrução há uma redução na oxigenação do tanque, podendo causar a morte dos peixes, e o peso dos aglomerados incrustados nos tanques pode afundá-lo, facilitando a fuga de alevinos (Mansur *et al.*, 2012).

3.2 GERAÇÃO DE ENERGIA HIDRELÉTRICA E O MEXILHÃO-DOURADO

3.2.1 Matriz energética e elétrica brasileira

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (2023), energia é algo fundamental no nosso dia-a-dia, e essa energia vem de um conjunto de fontes, que chama-se matriz energética, representando as energias utilizadas por um país para suprir a demanda de energia. Há também a matriz elétrica, que diferentemente da matriz energética, corresponde ao conjunto de fontes de energia utilizadas exclusivamente para a geração de energia elétrica, fazendo assim, parte da matriz energética.

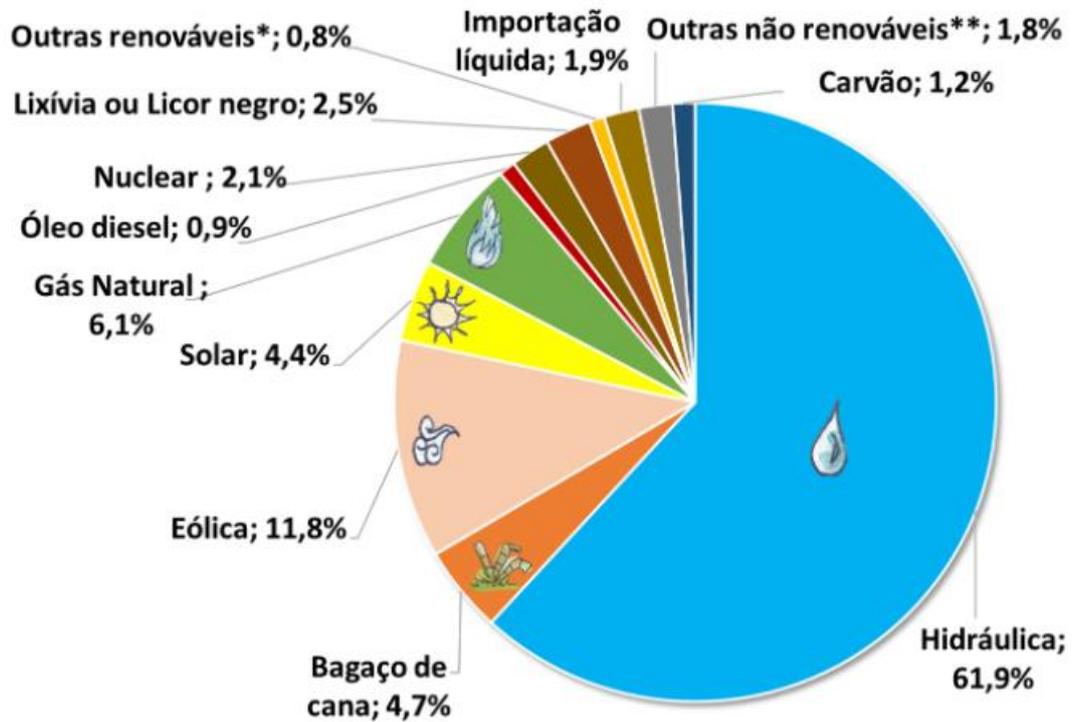
Segundo o Balanço Energético Nacional (2023), a matriz energética brasileira em 2022 apresenta 47,4% de sua totalidade sendo composta por fontes renováveis, o gráfico da matriz energética brasileira de 2022 pode ser visualizado na Figura 5.



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética; Balanço Energético Nacional (2023).

Já a matriz elétrica brasileira é ainda mais renovável que a energética, pois em sua maioria, a energia elétrica brasileira é proveniente de usinas hidrelétricas. Cabe ressaltar também que ultimamente há um grande aumento na geração eólica. O gráfico da matriz elétrica brasileira em 2022 pode ser visualizado na Figura 6 (Empresa de Pesquisa Energética, 2023).

Figura 6 – Matriz Elétrica Brasileira em 2022



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética, Balanço Energético Nacional (2023).

Segundo a ANEEL (2021), o Brasil tem em operação 739 Centrais Geradoras Hidrelétricas (CGH), 425 Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH) e 219 Usinas Hidrelétricas (UHE), que são responsáveis por 109,3 gigawatts (GW) de capacidade instalada em operação. Entre as dez maiores usinas do planeta, três estão no Brasil – Itaipu Binacional (14.000 MW, divididos entre Brasil e Paraguai), Belo Monte (11.233 MW) e Tucuruí (8.370 MW). Em 2020, a energia gerada no Brasil a partir de fonte hidráulica foi de 415.483 gigawatts-hora (GWh).

3.2.2 Impactos do mexilhão-dourado nas usinas hidrelétricas

De acordo com Mansur *et al* (2012) o mexilhão-dourado forma grandes aglomerações, que acabam causando entupimento de tubulações, redução do diâmetro de encanamentos, obstrução de filtros, bombas, trocadores de calor e grades, principalmente em usinas geradoras de energia.

Mais especificamente na geração de energia, a presença do mexilhão-dourado causa diversas consequências, como a redução da vazão nas tubulações devido à diminuição da seção pela incrustação, elevando a temperatura dos

equipamentos, necessitando parar as máquinas e realizar a limpeza e manutenção. O que ocasiona uma interrupção no volume de energia disponibilizado no sistema elétrico, causando transtornos na programação dos órgãos responsáveis pelo balanço energético do país, podendo até, dependendo do porte da usina que é forçada a parar, acionar outras fontes de geração de energia não renováveis que são mais poluentes e onerosas, para que se consiga equilibrar a demanda com produção de energia (SANTOS *et al.*, 2012a; DARRIGRAN; DAMBORENEA, 2009; BOLTOVSKOY *et al.*, 2015c).

IBAMA (2020) relata que

por meio de compilação bibliográfica e da base de dados do Centro de Bioengenharia de Espécies Invasoras de Hidrelétricas (CBEIH) (base.cbeih.org), até o momento foram encontrados registros do mexilhão-dourado em 50 reservatórios, sendo 7 distribuídos ao longo do trecho do Alto Rio Jacuí (RS), 1 no Rio Canoas (SC), 1 no Rio Pelotas (SC/RS), 3 no Rio Uruguai (SC/RS), 5 no Rio Iguaçu (PR), 2 no Rio Jordão (PR), 1 no Tibagi (PR), 7 no Paranapanema (SP/PR), 6 no Tietê (SP), 4 no Paraná (PR, SP/MS, MS/SP e SP), 9 no Grande (sete em SP/MG e um em MG), 2 no Paranaíba (MG), 1 no Rio Claro (GO) e 1 no Rio São Francisco (BA).

Na Tabela 2 pode-se visualizar uma relação das usinas hidrelétricas com ocorrência do mexilhão-dourado.

Tabela 2 – Usinas hidrelétricas brasileiras com registros de ocorrência de mexilhão-dourado

Usinas Hidrelétricas	Rio	Bacia Hidrográfica	UF	Companhia
Ernestina	Jacuí	Lagoa dos Patos	RS	CEEE
Itaúba	Jacuí	Lagoa dos Patos	RS	CEEE
Passo Real	Jacuí	Lagoa dos Patos	RS	CEEE
Leonel de Moura Brizola	Jacuí	Lagoa dos Patos	RS	CEEE
Capingui 1	Jacuí	Lagoa dos Patos	RS	CEEE
UHE 14 de Julho	Antas	Lagoa dos Patos	RS	CERAN

(continua)

Usinas Hidrelétricas	Rio	Bacia Hidrográfica	UF	Companhia
Dona Francisca	Jacuí	Lagoa dos Patos	RS	Consórcio Dona Francisca
Campos Novos	Canoas	Rio Uruguai	SC	ENERCAN
Barra Grande	Pelotas	Rio Uruguai	RS/SC	BAESA
Machadinho	Uruguai	Rio Uruguai	RS/SC	Consórcio Machadinho
Itá	Uruguai	Rio Uruguai	RS/SC	Consórcio Itá
Foz do Chapecó	Uruguai	Rio Uruguai	RS/SC	Foz do Chapecó Energia S.A.
Gov. Bento Munhoz da Rocha (Foz do Areia)	Iguaçu	Rio Paraná	PR	COPEL
Gov. Ney Aminthas de Bar	Iguaçu	Rio Paraná	PR	COPEL
Gov. Joz Richa	Iguaçu	Rio Paraná	PR	COPEL
Santa Clara	Jordão	Rio Paraná	PR	Elejor
Fundo	Jordão	Rio Paraná	PR	Elejor
Salto Osório	Iguaçu	Rio Paraná	PR	Engie Brasil Energia S.A.
Salto Santiago	Iguaçu	Rio Paraná	PR	Engie Brasil Energia S.A.
Gov. Jayme Canet Júnior (Maú)	Tibagi	Rio Paraná	PR	Consórcio Energético Cruzeiro do Sul
Capivara	Paranapanema	Rio Paraná	PR/SP	Duke Energy (CTG)
Lucas Nogueira Garcez (Salto Grande)	Paranapanema	Rio Paraná	PR/SP	Duke Energy (CTG)
Canoas I	Paranapanema	Rio Paraná	PR/SP	Duke Energy (CTG)
Canoas II	Paranapanema	Rio Paraná	PR/SP	Duke Energy (CTG)
Taquaruçu (Escola Politécnica)	Paranapanema	Rio Paraná	PR/SP	Duke Energy (CTG)

Usinas Hidrelétricas	Rio	Bacia Hidrográfica	UF	(conclusão) Companhia
Chavantes	Paranapanema	Rio Paraná	PR/SP	Duke Energy (CTG)
Rosana	Paranapanema	Rio Paraná	PR/SP	Duke Energy (CTG)
Barra Bonita	Tietê	Rio Paraná	SP	AES Tietê
Bariri	Tietê	Rio Paraná	SP	AES Tietê
Rui Barbosa (Nova Avanhandava)	Tietê	Rio Paraná	SP	AES Tietê
Três Irmãos	Tietê	Rio Paraná	SP	CESP
Ibitinga	Tietê	Rio Paraná	SP	AES Tietê
Promissão	Tietê	Rio Paraná	SP	AES Tietê
Itaipu	Paraná	Rio Paraná	PR	Itaipu Binacional
Engenheiro Sérgio Motta (Porto Primavera)	Paraná	Rio Paraná	SP/MS	CESP
Engenheiro Souza Dias (Jupia)	Paraná	Rio Paraná	MS/SP	CESP
Ilha Solteira	Paraná	Rio Paraná	SP	CESP
Volta Grande	Grande	Rio Paraná	SP/MG	CEMIG
Furnas	Grande	Rio Paraná	MG	FURNAS
Jaguara	Grande	Rio Paraná	SP/MG	CEMIG
Marimbondo	Grande	Rio Paraná	SP/MG	FURNAS
Marechal Mascarenhas de Moraes (Peixoto)	Grande	Rio Paraná	SP/MG	FURNAS
Porto Colômbia	Grande	Rio Paraná	SP/MG	FURNAS
Água Vermelha	Grande	Rio Paraná	MG	AES Tietê
Igarapava	Grande	Rio Paraná	SP/MG	Consórcio Igarapava
Emborcão	Paranaíba	Rio Paraná	MG	CEMIG
São Simão	Paranaíba	Rio Paraná	MG	CEMIG
Foz do Rio Claro	Claro	Rio Paraná	GO	Foz do Rio Claro Geração de Energia
Sobradinho	São Francisco	Rio São Francisco	BA	CHESF

Fonte: Adaptado de IBAMA (2020).

Vale ressaltar que esses dados compilados foram extraídos para o ano de 2019, portanto atualmente provavelmente há diversas usinas hidrelétricas em processo de colonização ainda não reportados pelas devidas empresas. Segundo Darrigran e Damborenea (2009), uma rápida comunicação e total transparência entre todos os envolvidos, a implementação de medidas de controle e prevenção seria facilitada e com um retorno de investimentos em um menor período de tempo.

As colônias conseguem se formar nas pás dos rotores dos geradores, ocasionando a parada de máquinas com maior frequência para limpeza das peças, o que muitas vezes é realizado um forte jateamento de areia. Na Usina Hidrelétrica de Itaipu, estudos já identificaram uma densidade de mais de 140 mil mexilhões-dourados por metro quadrado em algumas unidades do empreendimento (SOUSA, 2021). Na Figura 7 pode-se visualizar o mexilhão-dourado causando o entupimento de uma tubulação.

Figura 7 – Entupimento de tubulação por mexilhão-dourado



Fonte: Watanabe (2023).

Os custos para as manutenções associadas às incrustações podem variar de R\$ 220 mil a R\$ 1,4 milhão por ano para cada usina afetada. Uma usina hidrelétrica de menor porte, por exemplo, tem prejuízo de aproximadamente R\$ 40 mil por dia de paralisação para a remoção do molusco de turbinas e tubulações. Estima-se que o setor de geração de energia hidrelétrica gaste aproximadamente US\$ 120 milhões

com a manutenção das máquinas e o controle da espécie exótica invasora (IBAMA *apud* MAIRINK, 2023).

Em Itaipu os filtros e tubulações dos sistemas de resfriamento das Unidades Geradoras foram adaptados, com o intuito de reduzir as incrustações do molusco e entupimento dos equipamentos por organismos mortos. Foi realizado o aumento da vazão dos trocadores de calor, objetivando velocidades próximas a 1,8 metros por segundo, sendo capaz de impedir a fixação do mexilhão, não ocasionar desgastes dos equipamentos. E após 17 anos de monitoramento, observou-se uma estabilização populacional, com redução dos indivíduos após os primeiros anos de infestação, além da temperatura atuar como fator limitante à reprodução da espécie em período de inverno (ITAIPU BINACIONAL, 2023).

3.3 AÇÕES SETORIAIS PARA COMBATE AO MEXILHÃO-DOURADO

O Ministério do Meio Ambiente após análise dos impactos causados pelas espécies exóticas invasoras, dificuldades de monitoramento e controle, fragilidades no confrontamento da introdução de novas espécies e vulnerabilidade natural de um país com tamanho continental, optou por tratar o problema como uma prioridade.

Em parceria com a Embrapa, o Ministério do Meio Ambiente realizou a “Reunião de Trabalho sobre Espécies Exóticas Invasoras”, tendo sua primeira reunião em 2001. Dentre os participantes do evento, contou-se com a colaboração do Governo dos Estados Unidos da América e o Programa Global para Espécies Exóticas Invasoras (GISP), além dos países da América do Sul, contando com Brasil, Argentina, Colômbia, Chile, Paraguai, Uruguai, Venezuela, Suriname, Guiana Francesa, Equador e Peru. Dentre as recomendações aprovadas nessa reunião pode se destacar:

- Elaboração de diagnósticos nacionais, pesquisa, capacitação técnica, fortalecimento institucional, sensibilização pública, coordenação de ações e harmonização de legislações;
- Prevenção e controle dos impactos de espécies exóticas invasoras sobre os ecossistemas naturais e sobre a rica biodiversidade da região;
- Atenção urgente ao problema de introdução de espécies exóticas invasoras nas diferentes bacias hidrográficas da região e ecossistemas transfronteiriços;

- Coordenação e cooperação entre os setores agrícolas, florestais, pesqueiros e ambientais nacionais no tratamento dessa questão.

A partir dessa reunião internacional, o MMA desenvolveu ações voltadas à prevenção das introduções; ao controle; ao manejo; ao monitoramento; e à erradicação. Incluindo também a realização de inventários de espécies exóticas que ocorrem no Brasil à nível de bacias hidrográficas; revisão e desenvolvimento de normativas; estímulo à abertura de linhas de financiamento para pesquisa no Fundo Nacional de Meio Ambiente; elaboração de listas de espécies exóticas invasoras em âmbito nacional e estadual.

Em 2001 foi lançado o Edital FNMA/PROBio 04/2001 pelo MMA, onde foram selecionados nove projetos relacionados a espécies invasoras presentes no país.

Em 2003 o MMA lançou o Primeiro Informe Nacional sobre Espécies Exóticas Invasoras, realizando dois diagnósticos, um sobre as “Espécies Exóticas Invasoras Atuais e Potenciais” e outro sobre a estrutura do país para tratar o problema. Nos levantamentos foram abordadas espécies que afetam os ambientes marinhos, terrestre, águas continentais, saúde humana e sistemas de produção (agricultura, pecuária e silvicultura), resultando em uma lista de 66 espécies que afetam o ambiente marinho; 176 o terrestre; 49 as águas continentais; 97 a saúde humana; e 155 os sistemas de produção, totalizando 543 espécies na classificação de exóticas invasoras.

No final de 2003 foi criada a Força Tarefa Nacional para o Controle do Mexilhão-Dourado, através da Portaria nº 494 de 22 de dezembro de 2003. No final foi elaborado o Plano de Ação Emergencial para o Controle do Mexilhão-Dourado, onde detalhou-se ações para o controle das populações estabelecidas, como capacitações, fiscalização, monitoramento e adequação da legislação. Entre as principais conclusões do Relatório da Força Tarefa Nacional lista-se:

- Restrição nas atividades de tráfego hidroviário;
- Maior controle no transporte de fauna e flora;
- Controle e contenção da dispersão do mexilhão-dourado através de tarefas de caráter permanente;
- Ampliação das ações de fiscalização de embarcações de pequeno porte de pesca e recreio transportadas via rodoviária;

- Aconselha maior rigor na fiscalização em relação às navegações internacional e de cabotagem;
- Desaconselha a transposição de águas.

A Campanha Nacional de Combate ao Mexilhão Dourado, envolveu a participação de uma Força Tarefa, formada por 19 órgãos do poder público, empresas privadas e organizações civis e, de acordo com a Ministra do Meio Ambiente, “visa a adoção de novos procedimentos.” O Plano de Ação Emergencial, previsto para durar 90 dias, tendo seu foco nas regiões das represas de Porto Primavera, Jupia e Ilha Solteira, na divisa dos estados de São Paulo, Paraná e Mato Grosso do Sul, e do Delta do Jacui em Porto Alegre (RS), foi centrado em atividades de monitoramento e fiscalização, acompanhado de campanha de divulgação e cursos de capacitação. Uma das medidas que foi adotada nas represas, localizadas nas regiões infestadas, foi a de adicionar hipoclorito de sódio na água, em dosagens testadas por técnicos dos Ministérios do Meio Ambiente e da Saúde. As outras medidas previstas foram a pintura dos cascos das embarcações que transitam nas áreas infectadas com tinta anti-incrustante, a lavagem de equipamentos com solução de água sanitária e a utilização de água quente nos reservatórios de água (MMA, 2004).

Em 2005 no período de 4 a 7 de outubro em Brasília foi realizado o Primeiro Simpósio Brasileiro sobre Espécies Exóticas Invasoras pelo IBAMA e o MMA em parceria com a Embrapa, Fiocruz, Instituto Hórus, Instituto Oceanográfico da USP (IOUSP) e a Universidade de Viçosa. Contou com a presença de representantes das cinco regiões geopolíticas brasileiras, além de representantes dos Estados Unidos, Argentina, Jamaica, Portugal, Nova Zelândia e África do Sul. Nesse evento foi criada a Câmara Técnica Permanente sobre Espécies Exóticas Invasoras, no âmbito da Comissão Nacional de Biodiversidade (CONABio).

Alguns países já possuem legislações nacionais para controle da água de lastro. No Brasil, a partir de 2005 entrou em vigor a Norma da Autoridade Marítima 20 (NORMAM 20), em que entre suas competências, exige que o navio em viagem internacional que traga água de lastro faça a troca em alto mar numa profundidade superior a 200 metros. Baseando-se que o meio ambiente oceânico é inóspito a organismos de água doce, estuarinos e de águas costeiras. Assim, pelos portos localizarem-se em regiões costeiras ou de rios, essa troca em alto mar minimiza o transporte de organismos indesejáveis. A NORMAM 20 também exige que navios em

cabotagem oriundos de portos de água doce devem realizar a troca no mar antes de delastrar em outros portos de água doce (Silva *et al.*, 2004; Fernandes *et al.*, 2009).

Em 2007 foi lançada a Resolução CONAMA nº 394 de 6 de novembro de 2007, que estabelece critérios para determinação de espécies silvestres a serem criadas e comercializadas como espécies de estimação. Segundo Pombo (2012) a adoção de animais de estimacões exóticos é uma das causas da introdução e dispersão de espécies exóticas potencialmente invasoras, que quando seus donos desistem de sua guarda e os soltam em ambientes naturais.

Em 2010 foi elaborado o documento “Estratégia Nacional de Comunicação e Educação Ambiental no Âmbito do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (ENCEA), que define as diretrizes, objetivos, princípios e métodos para o fortalecimento e implantação de atividades de educação ambiental e comunicação em Unidades de Conservação (UCs), Reservas da Biosfera, Corredores Ecológicos, Mosaicos de Ucs e seus entornos.

Em 2015 foi criada a Instrução Normativa Nº 17, de 21 de Outubro de 2015 aprova as especificações técnicas de produto moluscicida para a finalidade específica de utilização no controle da espécie exótica invasora mexilhão-dourado (*Limnoperna fortunei*) em sistemas de resfriamento de usinas hidrelétricas.

No início de 2022 foi criado o Decreto 10.980 de 25 de fevereiro de 2022, que promulga a Convenção Internacional para Controle e Gerenciamento da Água de Lastro e Sedimentos de Navios, firmada pela República Federativa do Brasil, em Londres, em 13 de fevereiro de 2004. Além disso, estabelece que cada navio deve implementar e ter a bordo um Plano de Gerenciamento de Água de Lastro, que deve ser aprovado pela Administração considerando as diretrizes desenvolvidas pela Organização. O Plano de Gerenciamento de Água de Lastro é específico para cada navio e deve conter no mínimo:

- detalhes dos procedimentos de segurança para o navio e tripulação associados;
- descrição detalhada das ações a serem empreendidas para implementar as prescrições de Gerenciamento de Água de Lastro e práticas complementares de Gerenciamento de Água de Lastro;
- detalhes dos procedimentos para a destinação de sedimentos no mar e em terra;

- inclusão dos procedimentos para coordenação do Gerenciamento de Água de Lastro a bordo que envolva descarga no mar com as autoridades do Estado em cujas águas ocorrerá a descarga;
- designação do oficial de bordo responsável por assegurar que o Plano seja corretamente implementado;
- prescrições de relatórios para navios estipulados nesta Convenção; ser escrito no idioma de trabalho do navio, se o idioma de trabalho não for inglês, espanhol ou francês, deve conter uma tradução para um desses idiomas.

O Decreto também estipula que a troca da água de lastro deve ser realizada a pelo menos 200 milhas náuticas da terra mais próxima e em águas com pelo menos 200 metros de profundidade. Define também que todos os navios devem remover e dar destinação aos sedimentos dos espaços destinados a transportar água de lastro em conformidade com os dispositivos do Plano de Gerenciamento de Água de Lastro do navio.

4 METODOLOGIA

Este capítulo compreende a descrição dos procedimentos metodológicos utilizados no desenvolvimento do presente estudo, realizado no período de agosto a novembro de 2023.

Esta é uma pesquisa qualitativa de caráter exploratório, já que se propõe a preencher uma lacuna no conhecimento a respeito das estratégias e tecnologias adotadas por empresas do setor elétrico no combate ao mexilhão-dourado.

De acordo com Gil (2002), pesquisas exploratórias apresentam como principal objetivo a descoberta de intuições ou o aprimoramento de ideias, proporcionando uma maior familiaridade com o problema, tornando-o mais explícito e criando hipóteses.

A exploração é utilizada quando a área de investigação é nova ou apresenta dados escassos, onde variáveis importantes podem ser conhecidas ou não estar totalmente definidas e os objetivos da exploração podem ser atingidos com diferentes técnicas. Geralmente as pesquisas exploratórias englobam levantamento bibliográfico; entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o

problema pesquisado e; análise de exemplos que estimulem a compreensão (SELLTIZ *et al*, 1967 *apud* GIL, 2002).

4.1 LEVANTAMENTO TEÓRICO

A primeira metodologia teve como foco atender ao terceiro objetivo específico: sistematizar e apresentar informações técnico-científicas sobre as alternativas de combate ao mexilhão-dourado, visando auxiliar os tomadores de decisão. Consistiu no entendimento do contexto do estudo e da compreensão do problema por meio da revisão de literatura (pesquisa bibliográfica), bem como a elaboração do referencial teórico, sistematizando as alternativas de combate ao mexilhão-dourado em subtópicos específicos.

Barros e Lehfeld (2007), referem-se à pesquisa bibliográfica como aquela que “se efetua tentando-se resolver um problema ou adquirir conhecimentos a partir do emprego predominante de informações advindas de material gráfico, sonoro e informatizado” (BARROS E LEHFELD, 2007).

Para a realização dessa etapa, as principais fontes pesquisadas foram em livros, artigos científicos e periódicos na plataforma de pesquisa Google Acadêmico, com as palavras-chave mexilhão-dourado e usinas hidrelétricas.

4.2 COLETA DE DADOS JUNTO ÀS EMPRESAS DO SETOR ELÉTRICO

Esta metodologia teve como foco atender ao primeiro objetivo específico: levantar informações bibliográficas e junto às empresas de geração de energia hidrelétrica sobre os procedimentos adotados para combater a invasão do Mexilhão-Dourado .

Para atender a esse segundo objetivo foi elaborado um questionário aberto, que foi enviado para diversas empresas do setor elétrico que apresentam o problema do mexilhão-dourado em suas usinas hidrelétricas baseado na Tabela 2.

Segundo Gil (1999), pode-se definir questionário como a técnica de investigação composta por um número mais ou menos elevado de questões apresentadas por escrito às pessoas, tendo por objetivo o conhecimento de opiniões, crenças, sentimentos, interesses, expectativas, situações vivenciadas etc.

O questionário foi composto por duas seções, sendo a primeira referente à identificação da empresa, visando as seguintes informações:

- Nome da empresa;
- Capacidade de geração hidrelétrica;
- Nome do respondente;
- E-mail;
- Área em que atua.

A segunda seção corresponde às perguntas relacionadas ao mexilhão-dourado, conforme abaixo:

- As UHEs de sua empresa apresentam ou apresentaram infestação por mexilhão-dourado?;
- Como a empresa detectou a presença do mexilhão-dourado? Como ocorreu?
- Qual o nome das usinas e/ou reservatórios que foram afetados pelo mexilhão-dourado? Em que rios/bacias hidrográficas se localizam? Há quanto tempo?
- Quais são as estratégias de prevenção e controle que estão sendo adotadas pela empresa para resolver o problema?
- Quais são os impactos provocados pelo mexilhão-dourado nas suas usinas e respectivos reservatórios?
- As soluções adotadas conseguiram controlar ou erradicar a infestação?
- Há a probabilidade de recorrência do problema? Por quê?
- Quais são os procedimentos de monitoramento adotados pela empresa?
- A empresa desenvolve atividades de pesquisa para prevenção, controle e monitoramento do mexilhão-dourado? Quais?
- A empresa desenvolve algum trabalho de conscientização sobre o mexilhão-dourado junto às comunidades do entorno das usinas? O que é realizado?

O questionário foi elaborado no Google Forms e enviado aos representantes da área de meio ambiente das empresas. O questionário foi aplicado de setembro a novembro de 2023.

O questionário se encontra no Apêndice A.

4.2.1 Levantamento dos Relatórios de Sustentabilidade

Esta metodologia teve como foco atender ao segundo objetivo específico: compilar as formas de monitoramento, controle e prevenção do mexilhão-dourado nas usinas hidrelétricas.

Para essa metodologia foi realizada uma pesquisa bibliográfica para o levantamento das informações presentes nos Relatórios de Sustentabilidade de empresas do setor elétrico com o objetivo de obter informações sobre como estas empresas estão atuando no combate ao mexilhão-dourado, compilando os dados divulgados em forma de tabela.

A escolha da publicação do Relatório de Sustentabilidade das empresas deve-se ao fato de que é por meio desses que as empresas comunicam seu desempenho e impactos em uma vasta gama de tópicos de sustentabilidade, abordando parâmetros ambientais, sociais e de governança. Isso permite às empresas serem mais transparentes sobre os riscos e oportunidades que enfrentam, dando às partes interessadas uma maior perspectiva sobre o desempenho além dos resultados financeiros.

As empresas de geração de energia hidrelétrica selecionadas para esse levantamento bibliográfico foram as indicadas no Plano Nacional de Prevenção, Controle e Monitoramento do Mexilhão-Dourado (*Limnoperna fortunei*) no Brasil (2020), e que apresentavam infestação de mexilhão-dourado em suas usinas e/ou reservatórios (CEEE, CERAN, Consórcio Dona Francisca, ENERCAN, BAESA, Consórcio Machadinho, Consórcio Itá, Foz do Chapecó Energia S.A., COPEL, Engie Brasil Energia S.A., Elejor, Consórcio Energético Cruzeiro do Sul, CTG Brasil, AES Tietê, Itaipu Binacional, CESP, FURNAS, CHESF, CEMIG, Consórcio Igarapava, Foz do Rio Claro Geração de Energia).

Foram pesquisados os Relatórios de Sustentabilidade das empresas que estavam disponibilizados online no período de 20/09/23 a 10/10/23. Na Tabela 3 podem ser visualizados os relatórios encontrados.

Tabela 3 – Relatórios com informações sobre mexilhão-dourado encontrados

Nome da Empresa	Relatórios encontrados com informações sobre mexilhão-dourado
ITAIPU BINACIONAL	ITAIPU 2008
	ITAIPU 2012
	ITAIPU 2013
FURNAS	FURNAS 2014
	FURNAS 2022
ENERCAN	ENERCAN 2021-2022
CONSÓRCIO MACHADINHO	CONSÓRCIO MACHADINHO 2014
ENGIE	ENGIE 2015
	ENGIE 2020
	ENGIE 2021
	ENGIE 2022
FOZ DO CHAPECÓ ENERGIA	FOZ DO CHAPECÓ ENERGIA 2022
COPEL	COPEL 2008
	COPEL 2011
	COPEL 2014
	COPEL 2016
CTG BRASIL	CTG BRASIL 2019
AES TIETÊ	AES TIETÊ 2018
CESP	CESP 2017
	CESP 2019
	CESP 2021
CEMIG	CEMIG 2014
	CEMIG 2023

Fonte: Elaborado pelo autor

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ESTADO DA ARTE DO CONTROLE DO MEXILHÃO-DOURADO

Segundo Rodriguez (2012) as primeiras tentativas para o controle populacional de bivalves invasores constituem-se em pesquisas e uso prático de agentes químicos, devido ao fato de que as ações desses produtos químicos como agentes desinfetantes e bactericidas no tratamento de águas já são conhecidas, além da fácil aplicação, o agente estar disponível no mercado a preços relativamente baixos, não necessitando de equipamentos especiais para sua distribuição, apenas simples dosadores.

Segundo Mansur *et al* (2012), a engenharia procura alternativas para que os navios não necessitem de água de lastro para garantir fluabilidade e equilíbrio. Há também pesquisas realizadas por indústrias e institutos de pesquisa visando tintas ou materiais anti-incrustantes para as estruturas dos navios. Pesquisam também processos e produtos para o tratamento da água de lastro, com o objetivo de matar a maior quantidade possível de indivíduos presentes. Porém, qualquer solução a ser adotada deverá prevenir a introdução de novos problemas, não causando poluição ao meio ambiente, tampouco danificar estruturas das embarcações.

De acordo com Rodriguez (2012) pesquisas foram realizadas avaliando os impactos negativos do uso de agentes químicos sobre o meio ambiente e outras espécies, provocando restrições no seu uso, promovendo alterações nas legislações ambientais e limitando o lançamento desses produtos em águas superficiais. Em alguns casos, as doses permitidas podem não ser suficientes para o controle eficaz da população.

Legalmente deve-se sempre fazer uma consulta no órgão ambiental competente, solicitando a devida autorização para o uso do agente químico, se não pode se estar cometendo crime ambiental.

5.1.1 Tintas anti-incrustantes

O uso de tintas anti-incrustantes em cascos de embarcações marítimas com o objetivo de não permitir a fixação e desenvolvimento dos organismos através da liberação de um biocida misturado junto à tinta, é amplamente utilizado. Biocidas como o óxido de estanho tributil (TBTO), porém alguns países proibiram seu uso devido à esse produto apresentar características tóxicas. Pesquisas estão sendo, desenvolvidas sobre a produção e uso de tintas anti-incrustantes à base de silicone, que é uma substância não tóxica, também estuda-se o uso de tintas à base de zinco (Mansur *et al.*, 2012).

5.1.2 Microencapsulados

Segundo Campos e Fernandes (2012), a Universidade de Cambridge do Reino Unido realizou estudos sobre a utilização de biocidas microencapsulados para

o controle de populações de organismos, sendo atualmente comercializados em diversas atividades, principalmente na indústria farmacológica e alimentícia.

De acordo com Campos e Fernandes (2012), a utilização de biocidas microencapsulados no controle de mexilhões serve para direcionar a entrega de substâncias, isolando e controlando a dissolução de biocidas evitando a degradação do princípio ativo. Para o controle de mexilhões são propostas microcápsulas como pequenas partículas, de 3 a 800 micrômetros, contendo de 20 a 30% de princípios ativos revestidos por um invólucro nutritivo. Contra o mexilhão-dourado no Brasil foram testados microencapsulados com tamanho de 10 a 500 micrômetros, feitas de uma mistura de óleo, cera e goma e recobertas por biocidas como compostos de aminas e cloreto de potássio (Campos, 2009).

Calazans *et al* (2012) também realizaram testes com o mexilhão-dourado, conseguindo alcançar 100% de mortalidade em laboratório com baixa variabilidade de resposta em relação à substâncias dissolvidas, provando ser uma alternativa de controle eficaz. Segundo Polman & Janssen-Mommen (2011), o uso de biocidas microencapsulados em tratamento de águas de resfriamento é pouco competitivo em relação à biocidas à base de cloro, pois necessitam de muito material.

5.1.3 Formas de Cloro

Segundo Fernandes *et al* (2012), as substâncias químicas que apresentam o átomo de cloro em sua composição possuem propriedades oxidantes, sendo utilizadas como desinfetantes. Alguns exemplos de compostos clorados utilizados na desinfecção são:

- Hipoclorito de sódio (água sanitária);
- Hipoclorito de cálcio;
- Cloro molecular;
- Dióxido de cloro;
- Dicloroisocianurato de sódio (dicloro);
- Tricloroisocianurato de sódio (tricloro).

De acordo com Fernandes (2009), o dicloro, tricloro e água sanitária liberam ácido hipocloroso (HClO) quando em contato com a água, mas o dicloro e tricloro

também formam isocianurato de sódio. O princípio ativo é o HClO, que reage quimicamente com a matéria orgânica, oxidando-a e consumindo-a, matando os organismos (Fernandes, 2009). A eficiência do ácido hipocloroso como moluscocida é dependente do pH da água, a água sanitária apresenta capacidade inferior de manter o pH em uma faixa em relação ao do dicloro e tricloro.

Macêdo (2004) informa que o dicloro apresenta uma faixa de pH entre 6 e 8 em sua solução a 1%, e o pH da água sanitária varia entre 11 e 12 e o tricloro de 2,7 a 2,9. Assim, devido à essas faixas de pH, o dicloro é menos corrosivo para equipamentos e tubulações, porém o custo da água sanitária é mais vantajoso em relação ao dicloro e tricloro.

Tanto o dicloro e tricloro assim como seus subprodutos são pouco tóxicos (Clasen, Edmondson, 2006; Hammond *et al.*, 1986).

Campos (2009) realizou testes de algumas substâncias cloradas como moluscocidas e obteve a concentração letal para 50% dos organismos (CL50). Seus resultados podem ser observados na Tabela 4.

Tabela 4 – CL50 de substâncias moluscocidas

Moluscocida	NaClO	ClO₂	Dicloro	Tricloro
CL50 (mg/L)	0,53	13,99	108,96	105,69

Fonte: Adaptado de Campos (2009).

Segundo Fernandes *et al* (2012), o mexilhão-dourado apresenta a capacidade de se fechar em ambiente adverso, assim que percebe que há uma possível ameaça química dissolvida no meio, ele fecha a concha e para de filtrar, ficando isolado do ambiente externo. Após certo tempo o mexilhão reabre e volta a filtrar se o meio estiver adequado, mas se perceber que o ambiente permanece inadequado, se fecha novamente e para de filtrar, morrendo por inanição, ou morre pela própria ação do biocida.

5.1.4 Sulfato de Cobre

O sulfato de cobre é um produto muito utilizado como bactericida, inseticida, herbicida, fungicida e moluscocida, porém pode causar reduções severas nas populações de macroinvertebrados na biota aquática (EPA, 1986; Doudoroff & Katz, 1953).

Os moluscos detritívoros, herbívoros e filtradores incorporam o cobre disponível no meio aquático (Bendati, 2000; Pip, 1990; Villar *et al.*, 1999), que em concentrações elevadas pode causar o óbito desses organismos.

Segundo Colares *et al* (2002), captadoras de água na bacia do Lago Guaíba no Rio Grande do Sul utilizaram o sulfato de cobre para controle do mexilhão-dourado, mas não foi realizado nenhum estudo avaliando o impacto deste tratamento no ecossistema.

De acordo com Pereira & Soares (2012), a aplicação do sulfato de cobre em sistemas abertos deve receber tratamento posterior para a remoção de cobre residual e dos mexilhões-dourados mortos, de modo a evitar contaminação do corpo hídrico, pois as dosagens são elevadas, podendo ultrapassar os limites exigidos por legislações ambientais para lançamentos.

5.1.5 Outros Produtos e Métodos

O produto MXD-100 é muito utilizado como biocida, pois possui diversas vantagens, como fácil estocagem, manuseio e aplicação. De acordo com Ecolyzer, 2007 *apud* Madder Netto, 2011, o biocida é biodegradável e de baixa toxicidade a seres humanos. Ainda segundo CEFET/MG (2006; 2007), o MXD-100 não é corrosivo a metais e de baixa toxicidade à biota aquática. Porém apresenta como desvantagem o seu custo, que é considerado elevado (Madder Netto, 2011).

De acordo com Zhou *et al* (2021), ultrassom pode ser utilizado para efetivamente controlar o mexilhão-dourado, com uma potência de 300 a 600 W e uma distância fixa de 8,5 centímetros é possível matar tanto mexilhões jovens e adultos.

5.2 PESQUISA JUNTO ÀS EMPRESAS DO SETOR ELÉTRICO

Conforme explicado anteriormente na metodologia, enviou-se o questionário para diversas empresas do setor elétrico que apresentam ou apresentaram o problema do mexilhão-dourado em suas usinas e reservatórios, para o responsável da área de meio ambiente da empresa responder em relação à situação da infestação da espécie exótica invasora.

Obteve-se nove respostas, sendo algumas de grandes empresas do setor, como Itaipu Binacional, CTG Brasil, Eletrobrás CHESF, Engie Brasil Energia, CEMIG e Furnas, conforme pode ser visualizado na Tabela 5.

Tabela 5 – Capacidade de Geração Hidrelétrica

EMPRESA	CAPACIDADE DE GERAÇÃO HIDRELÉTRICA (MW)
CELESC GERAÇÃO S.A.	115,27 MW
FURNAS	2082 MW
CGT ELETROSUL	159 MW
CTG BRASIL	8300 MW
MF CONSULTORIA AMBIENTAL	9,6 MW
ELETROBRÁS CHESF	10261 MW
CEMIG	6000 MW
ENGIE BRASIL ENERGIA	8114,7 MW
ITAIPU BINACIONAL	14000 MW

Fonte: Elaborado pelo autor

A seguir segue as respostas das empresas com relação ao problema do mexilhão-dourado, como foi abordado e suas soluções.

Tabela 6 – Detecção do mexilhão-dourado

EMPRESA	COMO A EMPRESA DETECTOU A PRESENÇA DO MEXILHÃO-DOURADO?
CELESC GERAÇÃO S.A.	Identificação inicial através de monitoramento de macroinvertebrados aquáticos no reservatório. Ocorreu no mês de abril do ano de 2019 (outono).
FURNAS	Incrustação no sistema de refrigeração das unidades geradoras.
CGT ELETROSUL	A presença de indivíduos de mexilhão dourado na UHE Passo São João foi verificada pela primeira vez em julho de 2021, sendo encontrados pelos técnicos da usina durante inspeção de manutenção.
CTG BRASIL	Nas usinas da bacia do Rio Paraná e do Rio Paranapanema o problema é antigo, tem mais de 10 anos. Nas demais bacias o problema é recente, identificamos de 2016 em diante. A identificação na operação se dá através da constatação da infestação nos filtros de água fria do sistema de resfriamento das unidades geradoras e infestação nas grades na tomada da água de algumas UHEs, como é o caso da UHE Jupia. Simultaneamente é monitorada a infestação através do programa de monitoramento limnológico de cada usina.

MF CONSULTORIA AMBIENTAL	Em fevereiro de 2023 através de monitoramento de substratos artificiais instalados na área de influência do empreendimento e manutenções de equipamentos.
ELETOBRÁS CHESF	Em 2015 através de inspeção de equipamentos.
CEMIG	Nas PCHs Salto Passo Velho e Salto Voltão, a detecção tem sido registrada desde 2020 por meio do monitoramento hidrobiológico de organismos planctônicos e bentônicos (larvas e adultos). Já na UHE Theodomiro Santiago, as larvas foram detectadas em baixas densidades nos anos de 2016, 2017 e 2019. Na UHE Nova Ponte foi detectada em 2020, mas não houve recorrência.
ENGIE BRASIL ENERGIA	Em alguns casos detectamos no sistema de resfriamento, em outros casos no reservatório. A primeira usina identificamos mais ou menos em 2011 ou 2012.
ITAIPU BINACIONAL	No casco de uma embarcação à jusante da barragem, em janeiro de 2000.

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 7 – Usinas e bacias hidrográficas dos rios

EMPRESA	QUAL O NOME DAS USINAS E/OU RESERVATÓRIOS QUE FORAM AFETADOS PELO MEXILHÃO-DOURADO? EM QUE RIOS/BACIAS HIDROGRÁFICAS SE LOCALIZAM? HÁ QUANTO TEMPO?
CELESC GERAÇÃO S.A.	PCH Celso Ramos, reservatório de mesmo nome, situado no Rio Chapecozinho, Bacia do Rio Chapecó. Desde 2019.
FURNAS	UHE Itumbiara (Rio Paranaíba), há ~07 anos; UHE Marimbondo, UHE Porto Colômbia e UHE Mascarenhas de Moraes (Rio Grande), há ~20 anos.
CGT ELETROSUL	UHE Passo São João, localizada no Rio Ijuí, que é um afluente do rio Uruguai. Desde julho de 2021.
CTG BRASIL	Rio Paraná - UHE Jupiá e UHE Ilha Solteira, mais de 10 anos; Rio Paranapanema - UHEs Jurumirim, Salto Grande, Chavantes, Canoas 1, Canoas 2, Taquaruçu, Capivara, e Rosana, mais de 10 anos; Rio Canoas - UHE Garibaldi, desde 2016; Rio Verde - UHE Salto, desde 2019; Rio Sapucaí-mirim - PCHs Palmeira e Retiro está surgindo agora.
MF CONSULTORIA AMBIENTAL	PCH Rondinha (Rio Chapecó, Bacia do Uruguai, a 8 meses); PCH Ado Popinhak (Rio Canoas, Bacia do Uruguai a 2 anos).
ELETOBRÁS CHESF	Usinas no Rio São Francisco, desde 2015.

CEMIG	No que se refere aos empreendimentos sob posse da CEMIG, o mexilhão tem sido detectado de modo contínuo nas PCHs Salto Passo Velho e Salto Voltão, desde 2020. Esses empreendimentos estão localizados em Santa Catarina, no Rio Chapecozinho, bacia do Rio Uruguai. Já na UHE Theodomiro Santiago, localizada na bacia do Rio Paranaíba, as larvas foram registradas em 2016 e aparecem de forma esporádica nos monitoramentos limnológicos. Na UHE Nova Ponte foi detectada em 2020, mas não houve recorrência.
ENGIE BRASIL ENERGIA	Temos o mexilhão nas usinas do baixo Iguaçu e baixo Uruguai com o mexilhão detectado há mais tempo, a partir de 2011 ou 2012. No entanto, recentemente em outras bacias mais ao norte do país.
ITAIPU BINACIONAL	Reservatório de ITAIPU, Rio Paraná, bacia do Paraná, primeiros indivíduos detectados no reservatório em abril de 2001.

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 8 – Estratégias de prevenção e controle adotadas pelas empresas

EMPRESA	QUAIS SÃO AS ESTRATÉGIAS DE PREVENÇÃO E CONTROLE QUE ESTÃO SENDO ADOTADAS PELA EMPRESA PARA RESOLVER O PROBLEMA?
CELESC GERAÇÃO S.A.	Inicialmente após a primeira identificação no reservatório, sendo que a identificação do mexilhão-dourado no circuito de geração ocorreu em março do ano de 2023. Conforme as colônias existentes o controle adotado foi o de remoção mecânica por meio de raspagem.
FURNAS	Nas UHEs: remoção mecânica e descarte de carcaças, e futuramente aplicação de produtos químicos autorizados pelo órgão ambiental. Nos reservatórios: monitoramento de infestação por introdução e dispersão por atividades de pesca, piscicultura, embarcações e dragagem de areia; Ações de educação ambiental através de cartilhas e palestras.
CGT ELETROSUL	Nas usinas em que ainda não foi identificado mexilhão-dourado não estão sendo desenvolvidas ações de prevenção. O controle do mexilhão na UHE Passo São João é com o produto MXD-100.
CTG BRASIL	Já foram testados produtos inseridos como o MXD-100 da Maxclean, que apresenta bom resultado mas não tem licença regular e portanto foi descontinuado. Já testamos uso de tintas não aderentes, mas o custo é elevadíssimo e o resultado pouco satisfatório e foi descontinuado. Foram testados outras alternativas de engenharia como uso de ultrassom ou até mesmo

	<p>redesign de sistemas, filtros e grades da tomada da água (UHE Jupirá) mas sem resultados satisfatórios. Atualmente a solução adotada e em implantação em todas unidades CTG que apresentam o problema é aplicação de cloro pastilha no sistema de refrigeração com autorização da ANVISA e dos órgãos ambientais e com monitoramento residual à jusante com hidrojateamento regular das grades na tomada da água nas unidades que se faz necessário durante as Paradas de Manutenção Programadas (MPPs).</p>
<p>MF CONSULTORIA AMBIENTAL</p>	<p>Desinfecção de embarcações utilizadas por terceiros; informativos a população local; controle físico através de raspagem/retirada manual durante manutenções na casa de força.</p>
<p>ELETOBRÁS CHESF</p>	<p>Combate em sistemas de arrefecimento por métodos autorizados pelo órgão ambiental.</p>
<p>CEMIG</p>	<p>Atualmente, a principal estratégia da empresa para controle e prevenção tem sido o monitoramento periódico nas águas superficiais e sedimentos, por meio de metodologias específicas para detecção do mexilhão, a exemplo do biobox, a filtragem de água turbinada e a coleta de sedimentos. Investimentos em pesquisas por meio de P&Ds, participação em seminários, fóruns, publicações científicas e colaboração em Planos de Ação Nacionais de combate ao mexilhão-dourado também têm o caráter preventivo e preditivo, a fim de compreender os riscos de possíveis infestações nos empreendimentos.</p>
<p>ENGIE BRASIL ENERGIA</p>	<p>Estratégias de prevenção estão mais pautadas em ações de educação ambiental com atuação nos usos do lago.</p>
<p>ITAIPU BINACIONAL</p>	<p>A prevenção já não é aplicável, tendo em vista que a espécie se estabeleceu. Atualmente é realizada apenas a remoção mecânica, por lavagem com água pressurizada, das estruturas nas quais o mexilhão de fixa, causando redução de vazão da água. O filtro do mancal guia da turbina também foi adaptado, passando o diâmetro da tubulação de 2 polegadas para 3 polegadas, resolvendo a questão da redução de vazão. Foram testados, em pequena escala, métodos de controle baseados em cloro, ozônio, anti incrustante MXD-100, filtração mecânica, pinturas anti incrustantes, molusquicidas e campo magnético. Apenas cloro e molusquicidas apresentaram bons resultados, mas optou-se pela não aplicação de tais métodos nas rotinas devido à possíveis impactos ambientais. Foram adotadas de forma permanente, as seguintes providências:</p> <p>Aumento de velocidade da água, onde necessário e</p>

	<p>possível; Modificação em tubulações e equipamentos; Limpeza mecânica durante paradas de manutenção periódicas Em decorrência da alta queda bruta da água (120 metros), que propicia elevadas velocidades de água nas tubulações, a fixação dos moluscos no interior dos equipamentos é dificultada. Em face desta constatação, modificamos nossos equipamentos visando manter a velocidade da água em valores elevados (acima de 1,8 m/s).</p>
--	--

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 9 – Impactos causados nas usinas e reservatórios

EMPRESA	QUAIS SÃO OS IMPACTOS PROVOCADOS PELO MEXILHÃO-DOURADO OBSERVADOS NAS SUAS USINAS E RESERVATÓRIOS?
CELESC GERAÇÃO S.A.	Atualmente identificamos maior necessidade de paradas no circuito de geração para remoção das colônias, entretanto temos ciência que a presença do mexilhão-dourado no reservatório da PCH Celso Ramos apresentará interferência na cadeia alimentar do ecossistema aquático, com modificações na riqueza e abundância da fauna aquática, assim como de restrição nos demais usos associados (pesca, navegação, recreação de contato).
FURNAS	Nas UHEs: risco de paradas emergenciais de Unidades Geradoras. Nos reservatórios: impactos ambientais na vegetação aquática e marginal, em alguns peixes, em moluscos nativos, e no zooplâncton.
CGT ELETROSUL	Impacto na geração de energia pois reduz o diâmetro de tubulações, principalmente no sistema de resfriamento. Com isso, há necessidade de manutenções mais constantes.
CTG BRASIL	Entupimento de filtros de água fria no sistema de resfriamento das unidades geradoras e conseqüente desligamento forçado das unidades pela atuação do sistema de proteção. Entupimento da tomada da água no acúmulo de mexilhão (redução da vazão) consorciado a plantas aquáticas (macrófitas) e conseqüente engolimento das grades e danos nas turbinas, causando indisponibilidade do equipamento e altos gastos com reparos de avarias.
MF CONSULTORIA AMBIENTAL	Encrostramentos em turbinas e equipamentos eletromecânicos.

ELETROBRÁS CHESF	Em usinas, reduz a eficiência dos sistemas de arrefecimento. Em reservatórios, impactam nas captações de água.
CEMIG	Não há.
ENGIE BRASIL ENERGIA	Os impactos na usina estão relacionados ao superaquecimento dos sistemas de refrigeração em função do entupimento de sistemas, mas também demandam muito mais manuteníveis em função do entupimento de grades, etc.
ITAIPU BINACIONAL	Os impactos do mexilhão se concentraram nos filtros do sistema de resfriamento das Unidades Geradoras, trocador de calor do rolamento guia da turbina e tubulações destas estruturas, causando entupimento. A adaptação da tubulação do sistema de resfriamento do mancal guia da turbina de 2 para 3 polegadas de diâmetro resolveu a questão do entupimento, e permitiu que a usina passasse a conviver com o mexilhão sem maiores problemas. Em termos ecológicos, observa-se a presença do mexilhão em grande quantidade em estruturas submersas e no sedimento do reservatório, e já se observou a presença do molusco no trato gastrointestinal de espécies de peixes onívoros, sem que tenha sido observado qualquer impacto negativo sobre as espécies consumidoras.

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 10 – Procedimentos de monitoramento adotados pelas empresas

EMPRESA	QUAIS SÃO OS PROCEDIMENTOS DE MONITORAMENTO ADOTADOS PELA EMPRESA?
CELESC GERAÇÃO S.A.	Monitoramento limnológico – montante, reservatório (ocorrência registrada) e jusante; Inspeção visual (margens, reservatório, limpeza de grade, equipamentos circuito de geração).
FURNAS	Estudos de ocorrência de larvas e adultos por empresa especializada contratada.
CGT ELETROSUL	Na UHE Passo São João são realizadas campanhas trimestrais de monitoramento de qualidade da água para identificar larvas de mexilhão-dourado.
CTG BRASIL	Programa de monitoramento limnológico com subprogramas específicos de monitoramento do mexilhão-dourado.
MF CONSULTORIA AMBIENTAL	Monitoramentos ambientais de substratos fixos e vistorias de equipamentos para fase adulta e coletas de substratos de fundo para fases larvais.
ELETROBRÁS CHESF	Monitoramento da densidade larval e taxas de assentamento no ambiente e no interior dos sistemas de arrefecimento.
CEMIG	A execução do Programa de Monitoramento de Qualidade da Água prevê monitoramentos específicos

	<p>para monitoramento das densidades de larvas e indivíduos adultos dentro do sistema industrial dos empreendimentos hidrelétricos. Este monitoramento se dá por meio da instalação de biobox e filtragem de água turbinada. Para os demais empreendimentos hidrelétricos, onde não houve a detecção dessa espécie, ocorre o monitoramento das águas superficiais e sedimentos no entorno dos empreendimentos, que é capaz de detectar a ocorrência de indivíduos que possam eventualmente colonizar essas regiões.</p> <p>Demais ações já realizadas: Análises com microscopia e confirmação por PCR de amostras suspeitas e publicação de Boletim de Alerta.</p>
ENGIE BRASIL ENERGIA	Monitoramento de larvas no reservatório e monitoramento da presença do mexilhão adulto nos sistemas de resfriamento.
ITAIPU BINACIONAL	Entre os anos de 2000 e 2018 foi realizado o monitoramento da densidade de larvas (larvas/m ³) na água da caixa espiral das Unidades Geradoras, bem como da densidade de indivíduos adultos incrustados nas paredes da tomada d'água. Os adultos eram amostrados sempre que as UGs passavam por manutenção, raspando-se uma área equivalente a 100 cm ² e contando o número de indivíduos. O monitoramento foi descontinuado em 2018, tendo em vista a estabilidade nas densidades observada desde o pleno estabelecimento da espécie, em 2002.

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 11 – Atividades de pesquisa realizadas pelas empresas

EMPRESA	A EMPRESA DESENVOLVE ATIVIDADES DE PESQUISA PARA PREVENÇÃO, CONTROLE E MONITORAMENTO DO MEXILHÃO-DOURADO?
CELESC GERAÇÃO S.A.	Não.
FURNAS	Sim, para o monitoramento.
CGT ELETROSUL	Não.
CTG BRASIL	Sim.
MF CONSULTORIA AMBIENTAL	Não.
ELETROBRÁS CHESF	Não.
CEMIG	Sim, investimentos em pesquisas por meio de P&Ds, participação em seminários, fóruns, publicações científicas e colaboração em Planos de Ação Nacionais de combate ao mexilhão-dourado. Por exemplo: Construção de uma base colaborativa internacional de

	<p>banco de dados (http://base.cbeih.org/); Estudos envolvendo a modelagem de risco de invasão (Barbosa <i>et al.</i>, 2018); Diagnóstico para o risco de invasão do mexilhão-dourado em hidrelétricas de Minas Gerais e Criação de um ranking de risco para UHEs (MG) (Paula, <i>et al.</i>, 2018); Participação no III Fórum Impactos Ambientais e Econômicos das Espécies Invasoras: as Invasões Biológicas no Antropoceno (2019), IV Fórum Impactos Ambientais e Econômicos das Espécies Invasoras: Inovações impulsionadas pelas invasões biológicas (2021), e V Fórum Impactos Ambientais e Econômicos das Espécies Invasoras: Conhecer e Monitorar a Biodiversidade através do DNA Ambiental (2021).</p>
ENGIE BRASIL ENERGIA	Já desenvolveu Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento com foco em controle e por última na descoberta da dinâmica do mexilhão nos reservatórios.
ITAIPU BINACIONAL	Foram executados ao longo de 18 anos, vários projetos de pesquisa visando o controle da espécie, em particular no ambiente e estruturas das Unidades Geradoras.

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 12 – Educação ambiental realizada pela empresa

EMPRESA	A EMPRESA DESENVOLVE ALGUM TRABALHO DE CONSCIENTIZAÇÃO SOBRE O MEXILHÃO-DOURADO JUNTO ÀS COMUNIDADES DO ENTORNO DAS USINAS?
CELESC GERAÇÃO S.A.	Sim. Na PCH Celso Ramos, o Programa de Educação Ambiental e Comunicação Social é realizado com frequência trimestral e envolve ações educativas e informativas incluindo a conscientização junto a comunidade local da Linha Esperinha e escolar do município.
FURNAS	Sim. Ações de educação ambiental.
CGT ELETROSUL	Sim. Na UHE Passo São João foram realizados comunicados aos moradores lindeiros via grupo do WhatsApp.
CTG BRASIL	Sim, no programa de comunicação social e educação ambiental.
MF CONSULTORIA AMBIENTAL	Sim. Distribuição de informativos, folders de prevenção e controle para orientações a ribeirinhos, orientação aos operadores do empreendimento.
ELETOBRÁS CHESF	Não.
CEMIG	Sim. Publicação de Boletim de Alerta. Promoção de Campanhas de Prevenção e Combate Mexilhão-Dourado com a publicação de folders e oficinas de conscientização da população do entorno apresentando métodos para desinfecção de embarcações.

	Participação em Grupo de Assessoramento Técnico para elaborar a matriz de metas e indicadores, acompanhar a implementação e realizar monitoria e avaliação do Plano Mexilhão-dourado. Participação no Plano Nacional de Prevenção, Controle e Monitoramento do Mexilhão-Dourado.
ENGIE BRASIL ENERGIA	Sim, no âmbito dos programas de educação ambiental.
ITAIPU BINACIONAL	Na época do estabelecimento do mexilhão no reservatório foram realizadas extensas campanhas de conscientização junto à comunidade, orientando sobre a necessidade de desinfetar com cloro embarcações e materiais que fossem transportados do Rio Paraná para outros corpos hídricos, visando evitar a propagação do molusco para outras bacias e trechos do Rio Paraná à montante, ainda livres do molusco na época. Atualmente, tendo em vista o estado de equilíbrio atingido após o pleno estabelecimento da espécie no ecossistema e sua dispersão para trechos à montante da bacia, sem possibilidade de controle com os recursos tecnológicos atualmente disponíveis, não são mais realizadas ações com foco nesta espécie.

Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme as respostas expostas acima, algumas empresas apresentam o problema do mexilhão-dourado em suas usinas e/ou reservatórios há bastante tempo, como é o caso de Itaipu, que convive com o molusco desde 2001, e Furnas com as UHEs Marimondo, Porto Colômbia e Mascarenhas de Moraes há aproximadamente vinte anos. Já as demais empresas reportaram detectar o problema mais recentemente, cerca de dez anos ou menos.

Em relação à localização das usinas com infestação do mexilhão-dourado, seis empresas relataram ter problemas em suas usinas localizadas na bacia do Rio Uruguai, e cinco empresas afirmaram ter o problema em suas usinas na bacia do Rio Paraná. Também foram relatadas ocorrências em outras usinas de outras bacias hidrográficas, como é o caso da Eletrobrás Chesf, que suas usinas são localizadas na bacia do Rio São Francisco.

Com relação ao combate à infestação, cinco empresas relataram realizar remoção mecânica dos aglomerados incrustados, quatro afirmaram utilizar algum tipo de produto químico para controle da população, uma empresa disse que pretende futuramente utilizar algum produto químico para controle, e uma empresa relatou ter

realizado diversas modificações nas tubulações e equipamentos, visando adaptar as estruturas e evitar a incrustação, que é o caso de Itaipu.

Todas as empresas relataram realizar monitoramento da espécie, previsto em seus Programas de Supervisão Ambiental, através do monitoramento limnológico e monitoramento da densidade larval.

Dessas nove empresas, apenas cinco afirmaram desenvolver ou já ter desenvolvido atividades de pesquisa voltadas ao mexilhão-dourado, realizando testes de métodos de controle químicos e físicos, criação de banco de dados, e até pesquisas com o intuito de entender melhor a dinâmica da espécie.

Oito empresas realizam ações de educação ambiental com a comunidade no entorno dos reservatórios, objetivando a conscientização e orientação da população.

A CEMIG relatou participar de diversos fóruns sobre espécies invasoras, criou também uma base de dados internacional colaborativa, o que é muito positivo pois é um meio de repassar conhecimento para outras empresas, buscando ações integradas.

Após conversa com os responsáveis da área ambiental dessas empresas, alguns relataram que em relação à destinação final dos mexilhões-dourados removidos, eles são encaminhados para aterros, geralmente aterros internos da própria empresa. Já em relação às quantidades removidas de mexilhão-dourado não há um valor certo, pois depende de diversos fatores, como o porte da usina e o nível de infestação. Algumas empresas também relataram estudar a utilização desse material como adubo para reposição florestal.

5.3 LEVANTAMENTO DOS RELATÓRIOS DE SUSTENTABILIDADE

A seguir na Tabela 13, estão compiladas as informações sobre o mexilhão-dourado divulgadas pelas empresas em seus respectivos Relatórios de Sustentabilidade.

Tabela 13 – Informações Relatórios de Sustentabilidade

EMPRESA	AÇÕES
ITAIPU	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicação de protocolos de rotina para monitoramento e acompanhamento constante da presença do mexilhão-dourado

FURNAS	<ul style="list-style-type: none"> • Iniciativas de monitoramento ambiental, como o Programa de Monitoramento Limnológico e da Qualidade da Água e o Programa de Monitoramento e Controle de Vetores, Crustáceos e do Mexilhão-Dourado • Projeto P&D Determinação da perda de carga provocada pela infestação de mexilhões-dourados e avaliação da eficiência de mudanças bruscas de temperatura para sua remoção em grades e tubulações
ENERCAN	<ul style="list-style-type: none"> • Programa de Supervisão Ambiental, que no monitoramento da qualidade da água engloba o monitoramento do mexilhão-dourado
CONSÓRCIO MACHADINHO	<ul style="list-style-type: none"> • Implantação de sistema para combate ao mexilhão-dourado
ENGIE BRASIL ENERGIA	<ul style="list-style-type: none"> • Projeto de P&D em parceria com o LAPAD/UFSC e três outras usinas hidrelétricas <ul style="list-style-type: none"> • Uso de ferramentas de detecção molecular • Projeto de P&D dedicado a estudar a dinâmica de propagação do <i>Limnoperna fortunei</i> nos reservatórios das Usinas Hidrelétricas situadas na cascata do Rio Uruguai, que também prevê teste com método biológico de controle • Levantamento periódico do número de larvas de mexilhão-dourado que possam estar presentes na água dos reservatórios e dos sistemas de resfriamento, realizando o mapeamento dos ciclos de vida e reprodutivo dessas espécies bioincrustantes
FOZ DO CHAPECÓ ENERGIA	<ul style="list-style-type: none"> • Projetos de P&D sobre mexilhão-dourado
COPEL	<ul style="list-style-type: none"> • Pesquisa e monitoramento nos 18 reservatórios de forma a prevenir e minimizar impactos que possam causar danos nas estruturas e funcionamento das usinas • Monitoramento com coletas de água em rede de plâncton e análise em microscópio para busca de larvas de mexilhão-dourado • Monitoramento com coleta de substrato do fundo do rio ou reservatório com draga de Eckmann para busca de indivíduos adultos <ul style="list-style-type: none"> • Monitoramento com busca ativa e vistorias em substratos duros como rochas, grades de tomadas de água e barragem com o objetivo de encontrar indivíduos adultos • Monitoramento com coleta d'água em rede de plâncton e análise por meio de marcador molecular • Estudos foram realizados visando alternativas para a destinação dos resíduos do molusco, resultando em adequação dos resíduos como composto passível de

	<p>ser incorporado ao solo; uso como substrato à produção de mudas nos viveiros florestais de responsabilidade da Companhia</p> <ul style="list-style-type: none"> • Injeção por equipamento dosador de hidróxido de sódio na água do sistema de resfriamento das tubulações • Limpezas periódicas para retirada das placas formadas pelas colônias de mexilhão-dourado
CTG BRASIL	<ul style="list-style-type: none"> • Parceria com a BioBureau em um projeto de controle da infestação do mexilhão-dourado por indução genética da infertilidade
AES TIETÊ	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de injeção de dicloro isocianurato de sódio homologado para prevenção de incrustações de mexilhão-dourado em tubulações de arrefecimento
CESP	<ul style="list-style-type: none"> • Projeto Mexilhão-Dourado e Macrófitas Aquáticas, realizando seis oficinas presenciais com a presença de 37 pescadores, sensibilizando para as questões relacionadas aos impactos ambientais associados à invasão do mexilhão-dourado na bacia do Rio Paraná e ao ciclo de vida das macrófitas • Produção de duas cartilhas educativas e divulgados dois vídeos educativos, com alcance potencial de 250 pescadores • Projeto intitulado Desenvolvimento de um Sistema de Avaliações Ambientais e da Corrosividade de Fontes de Cloro Utilizadas na Prevenção da Incrustação de Mexilhão-Dourado (<i>Limnoperna fortunei</i>) em Sistema de Refrigeração de Turbinas
CEMIG	<ul style="list-style-type: none"> • Monitoramento do mexilhão-dourado • Projetos de P&D de educação ambiental em parceria com universidades e centros de pesquisa • Criação do Centro de Bioengenharia de Espécies Invasoras de Hidrelétricas através do P&D 343 • P&D 132 – Desenvolvimento de metodologia e pesquisas no ecossistema e em plantas de usinas hidrelétricas para controle do mexilhão-dourado

Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme informações da Tabela 13, seis empresas relataram que realizam projetos de P&D voltados ao mexilhão-dourado, com parcerias com outras empresas especializadas, universidades e centros de pesquisa. Cabe ressaltar que uma das atividades de P&D da CEMIG resultou na criação do Centro de Bioengenharia de Espécies Invasoras de Hidrelétricas (CBEIH).

Dessas onze empresas, sete afirmam que fazem monitoramento periódico do mexilhão-dourado, estando na maioria dos casos, associado ao Programa de Supervisão Ambiental.

Cinco empresas afirmaram ter algum sistema de combate ao mexilhão-dourado implementado, seja por utilização de produtos a base de cloro ou projetos que buscam modificar alguma característica da espécie visando sua neutralização.

De acordo com as informações divulgadas pelas empresas nos Relatórios de Sustentabilidade, apenas duas divulgaram realizar projetos de educação ambiental com a população.

6 CONCLUSÃO

Entende-se que o objetivo geral do trabalho foi alcançado por meio de metodologias diferentes. Em relação aos objetivos específicos, foram alcançados os seguintes resultados:

- As ações de controle do mexilhão-dourado adotadas pelas empresas do setor elétrico;
- Os impactos causados nas usinas e reservatórios;
- As informações divulgadas pelas empresas em seus Relatórios de Sustentabilidade;
- As ações de educação ambiental desenvolvidas;
- Levantamento de possíveis alternativas que possam auxiliar na prevenção e/ou controle da infestação;
- O levantamento do panorama da distribuição da espécie nas bacias hidrográficas brasileiras;
- O mapeamento das usinas hidrelétricas com ocorrência da invasão.

De acordo com as buscas realizadas, nota-se uma concentração de pesquisas e estudos publicados entre os anos 2000 e 2015, nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, onde teve-se os casos de introdução da espécie de forma mais intensa.

Conforme descrito nos resultados, algumas empresas se adaptaram, transformando o problema em algo controlado, reduzindo os impactos causados pela espécie nas usinas e meio ambiente.

De acordo com as empresas pesquisadas, as principais formas de controle utilizadas são remoção mecânica dos aglomerados incrustados e uso de produto químico para controle da população.

Desta forma, a pesquisa apresenta como contribuição para o meio acadêmico o desenvolvimento de material acerca de ações atualmente implantadas no setor elétrico, assim como atualização de algumas usinas e empresas em que o problema surgiu recentemente.

Sugere-se a criação de um grupo de trabalho permanente para discutir e implementar medidas de controle de forma integrada, considerando a bacia hidrográfica como unidade de gestão e envolvendo representantes do poder público, privado e sociedade civil organizada para otimizar os recursos e avançar no combate a infestação pelo mexilhão-dourado. Sugere-se também que a coordenação dos trabalhos seja realizada pelo IBAMA e que as informações sejam disponibilizadas no site do órgão visando a total transparência para que todos tenham acesso à informação e possam contribuir de forma mais efetiva.

Outra sugestão é a inclusão nas licenças ambientais expedidas pelo órgão que as empresas do setor elétrico utilizem os recursos de P&D para contratação de projetos de pesquisa para desenvolvimento de novas tecnologias para o combate ao molusco, preferencialmente envolvendo as universidades.

REFERÊNCIAS

- AGUDO-PADRÓN, A.I.; PORTO FILHO, E.P. 2013. **The asiatic golden mussel, *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857), in the Upper Uruguay River Basin, Southern Brazil: current situation to one year of its regional discovery.** FMCS Newsletter Ellipsaria, v.15, n.2, p.33- 35, 2013.
- ALHO, C.J.R.; MAMEDE, S.; BITENCOURT, K.; BENITES, M. 2011. **Introduced species in the Pantanal: implications for conservation.** Brazilian Journal of Biology 71(1):321-325.
- AMO, V.E.; ERNANDES-SILVA, J.; MOI, D.A.; MORMUL, R.P. **Hydrological connectivity drives the propagule pressure of *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) in a tropical river-floodplain system.** Hydrobiologia, p. 1-12, 2021.
- ANEEL. **Dia Mundial da Água.** 22 mar. 2021. Facebook: Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL - Brasil. Disponível em: <https://www.facebook.com/aneelgovbr/photos/a.1543270105977616/2556627931308490/?type=3>. Acesso em: 19 nov. 2023.
- ANGONESI, L.G.; BEMVENUTI, C.E. 2008. **Tolerance to salinities shocks of the invasive mussel.** Control 98(1):66-69.
- ARAUJO, Gislaine Soares. **Ondas Ultrassônicas para o Controle de *Limnoperna Fortunei* - O Mexilhão Dourado.** 2022. 51 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Física de Materiais, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2022.
- BARBOSA, N.P.; SILVA, F.A.; de OLIVEIRA, M.D.; dos SANTOS NETO, M.A.; de CARVALHO, M. D.; CARDOSO, A.V. 2016. ***Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mollusca, Bivalvia, Mytilidae): first record in the São Francisco River Basin, Brazil.** Check List, v. 12, n.1, p. 1846, 2016.
- BARROS, Aidil J. da Silveira; LEHFELD, Neide Aparecida de Souza. **Fundamentos de Metodologia Científica.** 3. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

BELZ, C.E. 2009. **Análise de risco aplicada às bioinvasões**. In: DARRIGRAN, G.; DAMBORENEA, C. (Ed.). Introdução a Biologia das Invasões. O Mexilhão-dourado na América do Sul: biologia, dispersão, impacto, prevenção e controle. São Carlos: Cubo Editora, 2009, p. 229- 245.

BENDATI, M.M. 2000. **Avaliação da concentração de metais pesados em moluscos no Lago Guaíba**. ECOS 17:1-9

BOLTOVSKOY, D. 2015. **Distribution and colonization of *Limnoperna fortunei*: special traits of an odd mussel**. In: BOLTOVSKOY, D. (Ed.) *Limnoperna fortunei*: the ecology, distribution and control of a swiftly spreading invasive fouling mussel. Switzerland: Springer, 2015 (Invading Nature - Springer Series in Invasion Ecology, 10).

BOLTOVSKOY, D.; e CATALDO, D. 1999. **Population dynamics of *Limnoperna fortunei* an invase fouling mollusk in the lower Paraná river (Argentina)**. Biofouling, v. 14, p. 255-263.

BOLTOVSKOY, D.; CORREA, N.; CATALDO, D.; SYLVESTER, F. 2006. **Dispersion and ecological impact of the invasive freshwater bivalve *Limnoperna fortunei* in the Río de la Plata watershed and beyond**. Biological Invasions 8(4):947-963.

BOLTOVSKOY, D.; KARATAYEV, A.; BURLAKOVA, L.; CATALDO, D.; KARATAYEV, V.; SYLVESTER, F.; MARIÑELARENA, A. 2009b. **Significant ecosystem-wide effects of the swiftly spreading invasive freshwater bivalve *Limnoperna fortunei***. Hydrobiologia 636:271–284.

BOLTOVSKOY, D.; MORTON, B.; CORREA, N.; CATALDO, N.; DAMBORENEA, C.; PENCHASZADEH, P.E.; SYLVESTER, F. 2015a. **Reproductive output and seasonality of *Limnoperna fortunei***. In: BOLTOVSKOY, D. (Ed.) *Limnoperna fortunei*: the ecology, distribution and control of a swiftly spreading invasive fouling mussel. Switzerland: Springer, 2015a. P. 77-104 (Invading Nature - Springer Series in Invasion Ecology, 10).

BOLTOVSKOY, D.; XU, M.; NAKANO, D. 2015c. **Impacts of *Limnoperna fortunei* on man-made structures and control strategies: general overview**. In: BOLTOVSKOY, D. (Ed.). *Limnoperna fortunei: the ecology, distribution and control of a swiftly spreading invasive fouling mussel*. Switzerland: Springer, 2015b. P. 375-394. (Invading Nature - Springer Series in Invasion Ecology, 10).

BRUGNOLI, E.; CLEMENTE, J.; BOCCARDI, L.; BORTHAGARAY, A.; SCARABINO, F. 2005. **Golden mussel *Limnoperna fortunei* (Bivalvia:Mytilidae) distribution in the main hydrographical basins of Uruguay: updates and predictions**. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 77(2):235-244.

BURNS, M.D.; GARCIA, A.M.; BEMVENUTI, M.A.; VIEIRA, J.P.; MARQUES, D.M.M.; MORESCO, A.; CONDINI, M.V.L. **Bivalvia, Mytilidae, *Limnoperna fortunei*: distribution extension**. *Check List*, v. 2, n.2, p.: 41-43, 2006.

CALAZANS, C.S.H.; FERNANDES, F.D.; ALDRIDGE, D.; REBELO, M.D. 2012. **Assessment of dissolved and microencapsulated biocides toxicity for the control of golden mussel *Limnoperna fortunei* infestation**. *Magazine Review* 1-11.

CAMPOS, S.H.C. 2009. **Avaliação de biocidas dissolvidos e microencapsulados para o controle do mexilhão dourado *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857)**. Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Mestrado em Ciências Biológicas (Biofísica), Rio de Janeiro, 63p.

CAMPOS, S.H.C.; FERNANDES, F.C. **Microencapsulados**. In: MANSUR, M.C.D.; SANTOS, C.P.; PEREIRA, D.; PAZ, I.C.P.; ZURITA, M.L.L.; RAYA-RODRIGUEZ, M.T.; NEHRKE, M.V.; BERGONCI P.E.A. (Org.). **Moluscos límnicos invasores no Brasil: biologia, prevenção e controle**. Porto Alegre: Redes Editora, 2012. p.299-302.

CAPÍTOLI, R.R.; COLLING L.A.; BEMVENUTI, C.E. 2008. **Cenários de distribuição do mexilhão-dourado *Limnoperna fortunei* (Mollusca - Bivalvia) sob distintas**

condições de salinidade no complexo Lagunar Patos-Mirim, RS - Brasil. Atlântica, v. 30, p. 35-44, 2008.

CEFET (Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais). 2006. **Avaliação de corrosão ASTM Copper Strip Corrosion.** Standards: Método ASTM D130/IP154.

CHOI, S.S.; SHIN, C.N. 1985. **Studies on the early development and larvae of *Limnoperna fortunei*.** Korean Journal of Malacology 1:5-12. (in Korean).

CIÊNCIA HOJE, Instituto. **Mexilhão-dourado no Brasil.** Disponível em: <https://cienciahoje.org.br/artigo/mexilhao-dourado-no-brasil/>. Acesso em: 05 set. 2023.

CLASEN, T.; EDMONDSON, P. 2006. **Sodium dichloroisocyanurate (NaDCC) tablets as an alternative to sodium hypochlorite for the routine treatment of drinking water at the household level International.** Journal of Hygiene and Environmental Health, 209, 173-181.

COLARES, E.R.C.; BENDATI, M.M.A.; SUMINSKY, M. 2002a. **Impactos da presença do mexilhão dourado em sistemas de abastecimento de água.** ECOS 22:30-35.

CORADIN, L. 2006. **Espécies exóticas invasoras: situação brasileira.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, 24p.

CORREA, N.; SARDIÑA, P.; PERPELIZIN, P.V.; BOLTOVSKOY, D. 2015. ***Limnoperna fortunei* colonies: structure, distribution and dynamics.** In: BOLTOVSKOY, D. (Ed.) *Limnoperna fortunei* - the ecology, distribution and control of a swiftly spreading invasive fouling mussel. Switzerland: Springer, 2015. p. 119-143. (Invading Nature - Springer Series in Invasion Ecology, 10).

DARRIGRAN, G. 2002. **Potential impacto of filterfeeding invaders on temperate inland freshwater environments.** Biological Invasions 4:145-156.

DARRIGRAN, G.; DAMBORENEA, C.; PENCHASZADEH, P. 1998b. **A case of hermaphroditism in the freshwater invading bivalve *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mytilidae) from its first American habitat (Río de la Plata, Argentina).** Iberus 16(2):99-104.

DARRIGRAN, G.; PENCHASZADEH, P.; DAMBORENEA, C. 1999. **The reproductive cycle of *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mytilidae) from a Neotropical Temperate Locality.** Journal of Shellfish Research, 18(2):361-365.

DARRIGRAN, G.; DAMBORENEA, C.; PENCHASZADEH, P.; TARABORELLI, C. 2003. **Adjustments of *Limnoperna fortunei* (Bivalvia: Mytilidae) after ten years of invasion in Americas.** Journal of Shellfish Research 22(1):141-146.

DARRIGRAN, G.; DAMBORENEA, C. 2006a. (Eds.). **Bio-invasión del mejillón dorado en el continente americano.** EDULP, La Plata, Argentina. 218 p.

DARRIGRAN, G.; DAMBORENEA, C. 2006b. **Aspectos generales vinculados a la prevención y control.** p. 154- 167. In: Darrigran, G.; Damborenea, C. (Eds.) Bio-invasión del mejillón dorado en el continente americano. Edulp, La Plata, 2006. 220 p.

DARRIGRAN, Gustavo; DAMBORENEA, Cristina. **Ecosystem engineering impact of *Limnoperna fortunei* in South America.** Zoological science, v. 28, n. 1, p. 1-7, 2011.

DARRIGRAN, G.; DAMBORENEA, M.C. **Introdução à biologia das invasões. O mexilhão-dourado na América do Sul: biologia, dispersão, impacto, prevenção e controle.** São Carlos: Cubo Editora, 2009. p.89-110.

DARRIGRAN, G.; EZCURRA-DE-DRAGO, I. **Distribución de *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mytilidae), en La Cuenca Del Plata, Region Neotropical.** Medio Ambiente, v. 13, n.2, p.75-79, 2000.

DARRIGRAN, G.; MANSUR, M.C.D. **Distribuição, abundância e dispersão.** In: DARRIGRAN,G.; DAMBORENEA, M.C, Introdução à biologia das invasões. O

mexilhão-dourado na América do Sul: biologia, dispersão, impacto, prevenção e controle. São Carlos: Cubo Editora, 2009. p. 95-112.

DARRIGRAN, G.A.; MAROÑAS, M.E.; COLAUTTI, D.C. **Air exposure as a control mechanism for the golden mussel, *Limnoperna fortunei*, (Bivalvia: Mytilidae).** J. Freshw Ecol., v. 19, p.461-464, 2004.

DARRIGRAN, G.; PASTORINO, G. 1995. **The recent introduction of a freshwater asiatic bivalve *Limnoperna fortunei* (Mytilidae) into South America.** The Veliger, v. 32, n.2, p. 171-175, 1995.

DARRIGRAN, G.; PASTORINO, G. 2003. **The golden mussel, *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia, Mytilidae) in the neotropical region: a 10 year story of invasion.** Tentacle 11: 8-9.

DEATON, L.E.; DERBY, J.G.S.; SUBHEDAR, N.; GREENBERG, M.J. 1989. **Osmoregulation and salinity tolerance in two species of bivalve mollusk: *Limnoperna fortunei* and *Mytilopsis leucophaeta*.** Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 133: 67-79.

DE MEDEIROS FORTUNATO, H. F. & ANDRADE FIGUEIRA, R. M. 2022. **Freshwater sponges overgrow the invasive golden mussel *Limnoperna fortunei* in the Upper Parana River, Brazil.** Marine and Freshwater Research 73, 1393–1398.

DE REZENDE AYROZA, D. M. M., DE MELO, T. J., FARIA-PEREIRA, L. P., PETESSE, M. L., REBELO, M. d. F., DO CARMO, C. F. & CATALDO, D. H. 2021. ***Limnoperna fortunei* colonization and macrofouling on net cages in a subtropical reservoir (Brazil).** Aquaculture Research 00, 1–11.

DONSKOY DIMITRI M, LUDYANSKIY MICHAEL. **Low Frequency Sound as a Control Measure for Zebra Mussel Fouling.** Proceedings of The Fifth International Zebra Mussel and Others Aquatic Nuisance Organisms Conference, Toronto, Canada, February, pp: 103 – 108, 1995.

DOUDOROFF, P.; KATZ, M.1953. **Critical review of literature on the toxicity of industrial wastes and their components to fish.** Sewage and Industrial Wastes 25: 802-839.

DUCHINI, D., BOLTOVSKOY, D. & SYLVESTER, F. 2018. **The invasive freshwater bivalve *Limnoperna fortunei* in South America: multiannual changes in its predation and effects on associated benthic invertebrates.** Hydrobiologia 817 (1), 431–446.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Matriz Energética e Elétrica.** Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: 16 set. 2023.

EPA. 1986. **Guidance for registration of pesticide products containing copper sulfate.** Office of Pesticide Programs, Whashington. G-31.

ESPINOLA, L.A.; FERREIRA Julio Junior, H. 2007. **Invader species: concepts, models and attributes.** INCI 32(9):580-585.

FERNANDES, F.C.; CAMPOS, S.H.C; PLASTINA, A. 2009. **Estrutura de prevenção e controle.** p. 397-423. In: MMA (Ministério do Meio Ambiente). Informe sobre as espécies exóticas invasoras marinhas do Brasil. Série Biodiversidade, 33. MMA, Brasília – DF, Brasil, 439p.

FERNANDES, F.C.; LEAL NETO, A.C. 2009. **Água de lastro como via de introdução de espécies a nível global.** In: Darrigran, G.; Damborenea, C. Introdução a Biologia das Invasões. O Mexilhão Dourado na América do Sul: biologia, dispersão, impacto, prevenção e controle. Cubo Editora: São Carlos/SP. p 31- 41.

FERNANDES, F.C.; MANSUR, M.C.D.; PEREIRA, D.; FERNANDES, L.V.G.; CAMPOS, S.C.; DANELON, O.M. **Abordagem conceitual dos moluscos invasores nos ecossistemas límnicos brasileiros.** In: MANSUR, M.C.D.; SANTOS, C.P.; PEREIRA, D.; PAZ, I.C.P.; ZURITA, M.L.L.; RAYA-RODRIGUEZ, M.T.; NEHRKE,

M.V.; BERGONCI P.E.A. (Org.). **Moluscos límnicos invasores no Brasil: biologia, prevenção e controle**. Porto Alegre: Redes Editora, 2012. p.19-24.

FERNANDES, L.V.G. 2009. **Estudo da formação de subprodutos halogenados em águas e flúvias tratadas com dicloroisocianurato e hipoclorito de sódio para controle do mexilhão dourado (*Limnoperna fortunei*)**. Dissertação de Mestrado, Pós-Graduação Química, Universidade Federal do Rio, Brasil, 77p.

FERNANDES, L.V.G.; CAMPOS, S.H.C.; FERNANDES, F.C. **Formas de Cloro**. In: MANSUR, M.C.D.; SANTOS, C.P.; PEREIRA, D.; PAZ, I.C.P.; ZURITA, M.L.L.; RAYA-RODRIGUEZ, M.T.; NEHRKE, M.V.; BERGONCI P.E.A. (Org.). **Moluscos límnicos invasores no Brasil: biologia, prevenção e controle**. Porto Alegre: Redes Editora, 2012. p.303-306.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GONZÁLEZ-BERGONZONI, IVAN; SILVA, IVANA; MELLO, FRANCO TEIXEIRA DE; D'ANATRO, ALEJANDRO; BOCCARDI, LUCIA; STEBNIKI, SAMANTA; BRUGNOLI, ERNESTO; TESITORE, GIANCARLO; VIDAL, NICOLÁS; NAYA, DANIEL E.. **Evaluating the role of predatory fish controlling the invasion of the Asian golden mussel *Limnoperna fortunei* in a subtropical river**. Journal Of Applied Ecology. London, p. 717-728. jan. 2020.

GUTIÉRREZ, J.; JONES, C.; STRAYER, D., IRIBARNE, O. 2003. **Mollusks as ecosystem engineers: the role of shell production in aquatic habitats**. Oikos 101:79-90.

HAMMOND, B.G.; BARBEE, S.J.; INOUE, T.; ISHIDA, N.; LEVINSKAS, G.J.; STEVENS, M.W.; WHEELER, A.G.; CASCIERI, T. 1986. **A review of toxicology studies on cyanurate and its chlorinated derivatives**. Environmental Health Perspectives 69: 287–292.

HAUBROCK, Phillip J. et al. **Economic costs of invasive bivalves in freshwater ecosystems**. Diversity and Distributions, v. 28, n. 5, p. 1010-1021, 2022.

HERMES-SILVA, S.; RIBOLLI, J.; ÁVILA-SIMAS, S.; ZANIBONI-FILHO, E.; CARDOSO, G.F.M.; NUÑER, A.P.O. **Limnoperna fortunei-Updating the geographic distribution in the Brazilian watersheds and mapping the regional occurrence in the Upper Uruguay River basin**. Biota Neotropica, 21, n. 3, p. 1-6, 2021.

HICKS, G. 2004. **Turning the Tide: Is aquatic bioinvaders research heading in the right direction?** Aquatic Invaders 15(1):9–20.

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Plano nacional de prevenção, controle e monitoramento do mexilhão-dourado (Limnoperna fortunei) no Brasil** / Diretoria de Uso Sustentável da Biodiversidade e Florestas. – Brasília, DF: IBAMA, 2020. 150 p. : il. ; color.

ITAIPU BINACIONAL. **Mexilhão Dourado**. Disponível em: <https://www.itaipu.gov.br/meioambiente/mexilhao-dourado>. Acesso em: 20 set. 2023.

KARATAYEV, A.Y.; BOLTOVSKOY, D.; BURLAKOVA, L.E.; PADILHA, D.K. **Parallels and constrasts between Limnoperna fortunei and species of Dreissena**. In: BOLTOVSKOY, D. (Ed.). Limnoperna fortunei - the ecology, distribution and control of a swiftly spreading invasive fouling mussel. Switzerland: Springer, 2015. p.261-300.

LATINI, A. O.; RESENDE, D.C.; POMBO, V.B.; CORADIN, L. (Org.). **Espécies exóticas invasoras de águas continentais no Brasil**. Brasília: MMA, 2016. 791p. In: LATINI, A.O.; RESENDE, D.C.; POMBO, V.B.; CORADIN, L. Orgs. Brasília, MMA, 791p.

LEAL, M.F.; SIMONE, L.R.L.; LACERDA, A.C.F.; SILVA, E.L.; PINHEIRO, T.G. **Current distribution of the invasive mollusk Corbicula fluminea (O.F. Müller,**

1774) (Bivalvia, Cyrenidae) in Brazil, including a new record from the state of Piauí. Check List, v. 17, n. 1, p. 151-157, 2021.

LUDWIG, S., SARI, E. H. R., PAIXAO, H., MONTRESOR, L. C., ARAUJO, J., BRITO, C. F. A., DARRIGRAN, G., PEPATO, A. R., VIDIGAL, T. & MARTINEZ, C. B. 2021. **High connectivity and migration potentiate the invasion of *Limnoperna fortunei* (Mollusca: Mytilidae) in South America.** Hydrobiologia 848 (2), 499–513.

MACÊDO, J.A.B. 2004. **Águas e Águas.** CRQ-MG, Belo Horizonte, 977p.

MACKIE, G.L.; CLAUDI, R. 2010. **Monitoring and Control of Macrofouling Mollusks in Fresh Water Systems.** 2nd. Edition. Taylor & Francis, Boca Raton, New York. 508p.

MÄDDER NETTO, O.S. 2011. **Controle da incrustação de organismos invasores em materiais de sistemas de resfriamento de usinas hidrelétricas.** Dissertação de Mestrado, Pós-Graduação em Engenharia, Universidade Federal do Paraná, Brasil, 112p.

MAIRINK, Thévilla Coeli Pereira. **CONTROLE DA INCRUSTAÇÃO DO LIMNOPERNA FORTUNEI - MEXILHÃO DOURADO UTILIZANDO ONDAS ULTRASSÔNICAS.** 2023. 47 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2023.

MANSUR, M.C.D.; ZANI-RICHINITTI, L.M.; SANTOS, C.P. ***Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857), spread of a bivalve mollusc to Guaíba Bay, Rio Grande do Sul, Brazil.** Biociências, v. 7, p.147-149, 1999.

MANSUR, M.C.D.; SANTOS, C.P.; DARRIGRAN, G.; HEYDRICH, I.; CALLIL, C.T.; CARDOSO, F. R. **Primeiros dados quali-quantitativos do mexilhão-dourado, *Limnoperna fortunei* (Dunker), no Delta do Jacuí, no Lago Guaíba e na Laguna dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil e alguns aspectos de sua invasão no ambiente.** Revista Brasileira de Zoologia, v. 20, n. 1, p. 75-84, 2003.

MANSUR, M.C.D.; QUEVEDO, C.B.; SANTOS, C.P.; CALLIL, C.T. 2004a. **Prováveis vias da introdução de *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mollusca, Bivalvia, Mytilidae) na Bacia da Laguna dos Patos, Rio Grande do Sul e novos registros de invasão no Brasil pelas Bacias do Paraná e Paraguai.** 4, p. 33- 38. In: Silva, J.S.V.; Souza, R.C.C. L. (Org.) *Água de Lastro e Bioinvasão*. Interciências, Rio de Janeiro, 224p.

MANSUR, M.C.D.; CARDOSO, F.R.; RIBEIRO, L.A. SANTOS, C.P.; THORMANN, B.M.; FERNANDES, F.C.; RICHINITTI, L.M.Z. 2004b. **Distribuição e conseqüências após cinco anos da invasão do mexilhão dourado, *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857), no estado do Rio Grande do Sul, Brasil (Mollusca, Bivalvia, Mytilidae).** *Biociências* 12(2):165-172.

MANSUR, M.C.D.; SANTOS, C.P.; RICHINITTI L.M.Z.; PEREIRA, D.; BATISTA, C.B.; SILVEIRA, M.B.; ALBERTO, R.M.F.; SILVA, M.C.P. **Ocorrência de moluscos límnicos e crustáceos em macroaglomerados do mexilhão-dourado *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) sobre sarandi no Lago Guaíba (RS, Brasil).** *Biotemas*, v. 21, n. 4, p.179-182, 2008.

MANSUR, M.C.D.; PIMPÃO, D.M.; BERGONCI, P.E.A.; SANTOS, C.P.; FIGUEIREDO, G.C.S. **Morfologia e ciclo larval comparados de bivalves límnicos invasores e nativos.** In: MANSUR, M.C.D.; SANTOS, C.P.; PEREIRA, D.; PAZ, I.C.P.; ZURITA, M.L.L.; RAYA-RODRIGUEZ, M.T.; NEHRKE, M.V.; BERGONCI P.E.A. (Org.). **Moluscos límnicos invasores no Brasil: biologia, prevenção e controle.** Porto Alegre: Redes Editora, 2012. p.95-110.

Ministério do Meio Ambiente. **Força Tarefa Nacional para Controle do Mexilhão Dourado.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004.

MORTON, B. 1973. **Some aspects of the Biology and functional morphology of the feeding and digestion of *Limnoperna fortunei* (Dunker) (Bivalvia: Mytilacea).** *Malacologia*, v. 12, p. 265-281.

MORTON, B.; AU, C.S.; LAM, W.W. **Control of *Limnoperna fortunei***. J. Inst Water Eng Sci.,v. 30, p.147-156, 1976.

MORTON, B. 1977. **The population dynamics of *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (*Bivalvia: Mytilacea*) in Plover Cove Reservoir, Hong Kong**. Malacologia 16(1):165–182.

MORTON, B. 1982. **The reproductive cycle of *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (*Bivalvia: Mytilidae*) fouling Hong Kong's raw water supply system**. Oceanologia et Limnologia Sinica 13(4):319-324.

OLIVEIRA, M.D.; BARROS, L.F. **Mexilhão-dourado no Pantanal - um problema ambiental e econômico**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2003. 1p. Folder eletrônico.

OLIVEIRA, M.D.; HAMILTON, S.K.; CALHEIROS, D.F.; JACOBI, C.M. 2010a. **Oxygen Depletion Events Control the Invasive Golden Mussel (*Limnoperna fortunei*) in a Tropical Floodplain**. Wetlands, v. 30, p. 705-716, 2010a.

OLIVEIRA, M.D.; CALHEIROS, D.F.; JACOBI, C.M.; HAMILTON, S.K. 2011. **Abiotic factors controlling the establishment and abundance of the invasive golden mussel *Limnoperna fortunei***. Biological Invasions 13: 717-729.

OLIVEIRA, M.D., CAMPOS, M.C.S., PAOLUCCI, E.M., MANSUR, M.C.D. HAMILTON, S.K. **Colonization and spread of *Limnoperna fortunei* in South America**. In: BOLTOVSKOY, D. (Ed.) *Limnoperna fortunei* - the ecology, distribution and control of a swiftly spreading invasive fouling mussel. Springer, 2015. p. 333-356.

PASTORINO, G.; DARRIGRAN, G.; MARTIN, S.M.; LUNASCHI, L. 1993. ***Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mytilidae), nuevo bivalvo invasor en aguas del Río de la Plata**. Neotropica 39(101- 102): 34.

PEREIRA, D. **Bivalves Límnicos em Regiões Hidrográficas e Ecorregiões na América do Sul e Subsídios para o Controle do Bivalve Invasor *Limnoperna***

fortunei (Dunker, 1857). Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

PEREIRA, D.; ARRUDA, J.O.; BERGONCI, P.E.A.; OLIVEIRA, A.S.; POSTIGLIONE, R. **Como monitorar moluscos límnicos invasores bentônicos e macroinvertebrados associados**. In: MANSUR, M.C.D.; SANTOS, C.P.; PEREIRA, D.; PAZ, I.C.P.; ZURITA, M.L.L.; RAYA-RODRIGUEZ, M.T.; NEHRKE, M.V.; BERGONCI P.E.A. (Org.). **Moluscos límnicos invasores no Brasil: biologia, prevenção e controle**. Porto Alegre: Redes Editora, 2012. p.155-184.

PEREIRA, D.; SOARES, M.F. **Sulfato de Cobre**. In: MANSUR, M.C.D.; SANTOS, C.P.; PEREIRA, D.; PAZ, I.C.P.; ZURITA, M.L.L.; RAYA-RODRIGUEZ, M.T.; NEHRKE, M.V.; BERGONCI P.E.A. (Org.). **Moluscos límnicos invasores no Brasil: biologia, prevenção e controle**. Porto Alegre: Redes Editora, 2012. p.307-309.

PFEIFER, N.T.S.; PITONI, V.L.L. **Análise qualitativa estacional da fauna de moluscos límnicos no Delta do Jacuí, Rio Grande do Sul, Brasil**. Biociências, v. 11, n. 2, p. 145-158, 2003.

PIP, E.1990. **Copper, Lead and Cadmium concentrations in a sample of Lake Winnipeg Anodonta grandis**. The Nautilus 103(4):140-142.

POLMAN, H.J.G.; JANSSEN-MOMMEN, J.P.M. 2011. **Consultancy services to assist and advise Confederacion Hidrográfica del Ebro for control and mitigation of the Zebra mussel within the EU regulations**. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Mariño (España), Kema,115.

POMBO, V.B. **Ações desenvolvidas pelo Ministério do Meio Ambiente 2001 a 2011**. In: MANSUR, M.C.D.; SANTOS, C.P.; PEREIRA, D.; PAZ, I.C.P.; ZURITA, M.L.L.; RAYA-RODRIGUEZ, M.T.; NEHRKE, M.V.; BERGONCI P.E.A. (Org.). **Moluscos límnicos invasores no Brasil: biologia, prevenção e controle**. Porto Alegre: Redes Editora, 2012. p.271-275.

RICCIARDI, A. **Global range expansion of the Asian mussel *Limnoperna fortunei* (Mytilidae): Another fouling threat to freshwater systems.** Biofouling, v. 13, n. 2, p. 97-106, October 1998.

RICCIARDI, A.; RASMUSSEN, J.B. 1998. **Predicting the identity and impact of future biological invaders: a priority for aquatic resource management.** Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 55:1759-1765.

RODRIGUEZ, M.T.R. **Controle químico: conceitos básicos.** In: MANSUR, M.C.D.; SANTOS, C.P.; PEREIRA, D.; PAZ, I.C.P.; ZURITA, M.L.L.; RAYA-RODRIGUEZ, M.T.; NEHRKE, M.V.; BERGONCI P.E.A. (Org.). **Moluscos límnicos invasores no Brasil: biologia, prevenção e controle.** Porto Alegre: Redes Editora, 2012. p.297-298.

RONG, Y. Q., TANG, Y. L., REN, L. J., TAYLOR, W. D., RAZLUTSKIJ, V., NASELLI-FLORES, L., LIU, Z. W. & ZHANG, X. F. 2021. **Effects of the filter-feeding benthic bivalve *corbicula fluminea* on plankton community and water quality in aquatic ecosystems: a mesocosm study.** Water 13 (13), 1827.

ROTTA, M.A. **Aspectos gerais da fisiologia e estrutura do sistema digestivo dos peixes relacionados à piscicultura.** Corumbá: EMBRAPA Pantanal, 2003. 48 p.

SANTOS, S.B.; THIENGO, S.C.; FERNANDES, M.A.; MIYAHIRA, I.C.; Gonçalves, I.C.B.; XIMENES, R.F.; MANSUR, M.C.D.; PEREIRA, D. **Espécies de moluscos límnicos invasoras.** In: MANSUR, M.C.D., SANTOS, C.P, PEREIRA. D., PAZ, I.C.P., M.L. L., RAYA- RODRIGUEZ, M.T., NEHRKE, M.V., BERGONCI P.EA. (Org.). **Moluscos límnicos invasores no Brasil: biologia, prevenção e controle.** Porto Alegre: Redes Editora, 2012a. p. 339–341.

SANTOS, C.P.; NEHRKE, M.V.; MANSUR, M.C.D.; GAZULHA, V. **Como monitorar bivalves invasores no plâncton. Método da microscopia óptica.** In: MANSUR, M.C.D.; SANTOS, C.P.; PEREIRA, D.; PAZ, I.C.P.; ZURITA, M.L.L.; RAYA-RODRIGUEZ, M.T.; NEHRKE, M.V.; BERGONCI P.E.A. (Org.). **Moluscos límnicos**

invasores no Brasil: biologia, prevenção e controle. Porto Alegre: Redes Editora, 2012. p.139-142.

SILVA, F.A.; BARBOSA, N.P.U.; PAULA, R.S.; CARVALHO, V.A.; CORRÊA, A.; CARDOSO, A.V.; CARVALHO, M.D. **Mexilhão-dourado: detecção de um perigoso invasor.** Ciência Hoje, [s. l], v. 57, n. 338, p. 38-42, jul. 2016.

SILVA, J.S.V.; FERNANDES, F.C.; SOUZA, R.C.L.; LARSEN, K.T.S., DANELON, O.M. 2004. **Água de lastro e bioinvasão.** p.1-10. In: Silva, J.S.V.; Souza, R.C.L. (Orgs). **Água de lastro e bioinvasão.** Editora Interciência, Rio de Janeiro, 224p.

SOUSA, Fernando José de. **MEXILHÃO-DOURADO: UMA DAS MAIORES AMEAÇAS À BIODIVERSIDADE DOS RIOS BRASILEIROS.** 2021. Disponível em: <https://ferdinandodesousa.com/2021/07/09/mexilhao-dourado-uma-das-maiores-ameacas-a-biodiversidade-dos-rios-brasileiros/>. Acesso em: 20 set. 2023.

SYLVESTER, F.; BOLTOVSKOY, D.; CATALDO, C. **Taxas de clareamento: ritmos e impacto.** In: DARRIGRAN, G.; DAMBORENEA, C. (Ed.). **Introdução a biologia das invasões. O mexilhão dourado na América do Sul: biologia, impacto, prevenção e controle.** São Carlos: Cubo Editora, 2009. p. 246.

SYLVESTER, F. et al. **Filtration rates of the invasive pest bivalve *Limnoperna fortunei* as a function of size and temperature.** Hydrobiologia, Dordrecht, 2005.

TSCHÁ, M.K.; PATELLA, R.; OSTRENSKY, A.; BOEGER, W.A. **O método molecular de prospecção do mexilhão-dourado.** In: MANSUR, M.C.D.; SANTOS, C.P.; PEREIRA, D.; PAZ, I.C.P.; ZURITA, M.L.L.; RAYA-RODRIGUEZ, M.T.; NEHRKE, M.V.; BERGONCI P.E.A. (Org.). **Moluscos límnicos invasores no Brasil: biologia, prevenção e controle.** Porto Alegre: Redes Editora, 2012. p.143-148.

ULIANA, E.R.; CALLIL, C.T. 2006. **Avaliação do ciclo sexual do mexilhão dourado, *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857), no Rio Paraguai, Porto Esperança – MS.** TCC. Graduação em Ciências Biológicas– Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT Cuiabá, Brasil. 33p.

VILLAR, C.; STRIPEKIS, J.; D'HUICQUE, L.; TUDINO, M. 1999. **Cd, Cu, and Zn concentration in sediments and the invasive bivalves *Limnoperna fortunei* and *Corbicula fluminea* at the Rio de La Plata basin, Argentina.** *Hydrobiologia* 416:41-49.

WATANABE, Roberto Massaru. **A Invasão do Mexilhão Dourado.** Disponível em: <https://www.ebanataw.com.br/mexilhaodourado/mexilhaodourado.php>. Acesso em: 20 nov. 2023.

XIA, Z., BARKER, J. R., ZHAN, A., HAFFNER, G. D. & MACISAAC, H. J. 2021. **Golden mussel (*Limnoperna fortunei*) survival during winter at the northern invasion front implies a potential high-latitude distribution.** *Diversity and Distributions* 27 (8), 1422–1434.

ZHANG, RUIHUA; ZHANG, YUNHUI; FEI, XIALI; HOU, YINGNA; SHI, JUN; LI, ENCHAO; CHU, WENHAI. ***Limnoperna fortunei* as an invasive biofouling bivalve species in freshwater: a review of its occurrence, biological traits, risks, and control strategies.** *Aqua: Water Infrastructure, Ecosystems and Society*, [s. l], v. 71, n. 12, p. 1364-1383, nov. 2022.

ZHOU, N., ZHANG, R. J., LIU, B. D., CUI, B., DU, Z. L., CHEN, P. F., ZHU, B. F., LIN, C., DONG, H. T., ZHOU, W. Y. & LIU, Y. S. 2021. **Effects of ultrasound on invasive golden mussel *Limnoperna fortunei* mortality and tissue lesions.** *Science of the Total Environment* 761, 144134.

APÊNDICE A – Questionário



Questionário Mexilhão-Dourado em Usinas Hidrelétricas

Obrigado por dedicar seu tempo para responder a este questionário. Ele faz parte da pesquisa de trabalho de conclusão de curso – TCC do Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, da Universidade Federal de Santa Catarina, intitulado " Processos de Monitoramento, Controle e Prevenção do Mexilhão-Dourado em Usinas Hidrelétricas no Brasil".

O objetivo da pesquisa é obter informações sobre as tecnologias utilizadas pelas empresas do setor elétrico no combate à espécie exótica invasora *Limnoperna fortunei* (mexilhão-dourado).

Ao responder a este questionário, busca-se compreender como as empresas estão abordando a infestação do mexilhão-dourado e quais estratégias estão sendo utilizadas para combatê-lo. Suas perspectivas e insights serão fundamentais para a compreensão do panorama atual e para a identificação de oportunidades de melhoria nesse contexto.

Importante salientar que todas as suas respostas serão tratadas com total transparência e serão utilizadas exclusivamente para fins acadêmicos.

A participação da sua empresa na pesquisa contribuirá para o avanço do conhecimento na área e poderá impactar de forma significativa outras empresas do setor elétrico. Conto com sua valiosa colaboração para ajudar a moldar um setor mais sustentável e orientado para o futuro.

rodrigobender96@gmail.com [Alternar conta](#)

Não compartilhado



Empresa

Sua resposta

Capacidade de Geração Hidrelétrica (MW)

Sua resposta

Nome

Sua resposta

E-mail

Sua resposta

Área em que trabalha

Sua resposta

[Próxima](#)

[Limpar formulário](#)

Nunca envie senhas pelo Formulários Google.

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google. [Denunciar abuso](#) - [Termos de Serviço](#) - [Política de Privacidade](#)

Google Formulários





Questionário Mexilhão-Dourado em Usinas Hidrelétricas

rodrigobender96@gmail.com [Alternar conta](#)

🔒 Não compartilhado



Questionário

As UHEs de sua empresa apresentam ou apresentaram infestação por mexilhão-dourado?

Sua resposta

Como a empresa detectou a presença do mexilhão-dourado? Quando ocorreu?

Sua resposta

Qual o nome das usinas e/ou reservatórios que foram afetados pelo mexilhão-dourado? Em que rios/bacias hidrográficas se localizam? Há quanto tempo?

Sua resposta

Quais são as estratégias de prevenção e controle que estão sendo adotadas pela empresa para resolver o problema?

Sua resposta

Quais são os impactos provocados pelo mexilhão-dourado nas usinas e respectivos reservatórios?

Sua resposta

As soluções adotadas conseguiram controlar ou erradicar a infestação?

Sua resposta

Há a probabilidade de recorrência do problema? Por quê?

Sua resposta

Quais são os procedimentos de monitoramento adotados pela empresa?

Sua resposta

A empresa desenvolve atividades de pesquisa para prevenção, controle e monitoramento do mexilhão-dourado? Quais?

Sua resposta

A empresa desenvolve algum trabalho de conscientização sobre o mexilhão-dourado junto às comunidades do entorno das usinas? O que é realizado?

Sua resposta

[Voltar](#)

[Enviar](#)

[Limpar formulário](#)

Nunca envie senhas pelo Formulários Google.

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google. [Denunciar abuso](#) · [Termos de Serviço](#) · [Política de Privacidade](#)

Google Formulários



