

BIODIVERSIDADE, MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

VOLUME XXII



EDITORA CONHECIMENTO LIVRE

Adilson Tadeu Basquerote

Biodiversidade, meio ambiente e desenvolvimento sustentável

22^a ed.

Piracanjuba-GO
Editora Conhecimento Livre
Piracanjuba-GO

22ª ed.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Basquerote, Adilson Tadeu
B142B Biodiversidade, meio ambiente e desenvolvimento sustentável
/ Adilson Tadeu Basquerote. – Piracanjuba-GO

Editora Conhecimento Livre, 2025

143 f.: il

DOI: 10.37423/2025.edcl1165

ISBN: 978-65-5367-697-8

Modo de acesso: World Wide Web

Incluir Bibliografia

1. agricultura 2. pecuária 3. sustentabilidade I. Basquerote, Adilson Tadeu II. Título

CDU: 577

<https://doi.org/10.37423/2025.edcl1165>

O conteúdo dos artigos e sua correção ortográfica são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

EDITORIA CONHECIMENTO LIVRE

Corpo Editorial

MSc Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior

MSc Humberto Costa

MSc Thays Merçon

MSc Adalberto Zorzo

MSc Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno

PHD Willian Douglas Guilherme

MSc Andrea Carla Agnes e Silva Pinto

Dr. Walmir Fernandes Pereira

MSc Edisio Alves de Aguiar Junior

MSc Rodrigo Sanchotene Silva

MSc Adriano Pereira da Silva

MSc Frederico Celestino Barbosa

MSc Guilherme Fernando Ribeiro

MSc. Plínio Ferreira Pires

MSc Fabricio Vieira Cavalcante

PHD Marcus Fernando da Silva Praxedes

MSc Simone Buchignani Maigret

Dr. Adilson Tadeu Basquerote

Dra. Thays Zigante Furlan

MSc Camila Concato

PHD Miguel Adriano Inácio

Dra. Anelisa Mota Gregoleti

PHD Jesus Rodrigues Lemos

MSc Gabriela Cristina Borborema Bozzo

MSc Karine Moreira Gomes Sales

Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares

MSc Pedro Panhoca da Silva

MSc Helton Rangel Coutinho Junior

MSc Carlos Augusto Zilli

MSc Euvaldo de Sousa Costa Junior

Dra. Suely Lopes de Azevedo

Dr. Francisco Odecio Sales

MSc Ezequiel Martins Ferreira

MSc Eliane Avelina de Azevedo Sampaio

MSc Carlos Eduardo De Oliveira Gontijo

Dr. Rodrigo Couto Santos

Dra. Milena Gaion Malosso

PHD Marcos Pereira Dos Santos

CAPÍTULO 1	5
COMPRAS SUSTENTÁVEIS NA ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA BRASILEIRA: ANÁLISE DAS RESOLUÇÕES DO CNJ E INFLUÊNCIA DO DIREITO INTERNACIONAL E DA AGENDA 2030	
Naura Stella Bezerra de Souza Cavalcante	
Liziane Paixão Silva Oliveira	
DOI 10.37423/250910274	
CAPÍTULO 2	25
EFECTO DE DIFERENTES DOSIS DE CBFERT EN LA PRODUCCIÓN DE POSTURAS DE PAPAYA (CARICA PAPAYA L.) VARIEDAD MARADOL ROJA	
Ana Odalis Terry Lamot	
Alfredo Cabrera Hechavarría	
Norca Favier Chibas	
Adilson Tadeu Basquerote	
Eduardo Pimentel Menezes	
DOI 10.37423/250910278	
CAPÍTULO 3	44
LEVANTAMENTO OCUPACIONAL DO ENTORNO DO LIXÃO DAS FLORES NO MUNICÍPIO DE SERRINHA - BA E SUAS IMPLICAÇÕES SOCIOAMBIENTAIS	
Gabriely Dias Ângelo Manetta	
Luís Henrique Carvalho Lopes	
Roberta Lima di Paula	
DOI 10.37423/250910284	
CAPÍTULO 4	54
PRODUÇÃO DE CEBOLINHA (ALLIUM SCHOENOPRASUM L.) COM DIFERENTES DOSES DE COMPOSTO ORGÂNICO.	
Sheila Belem Pontes	
Wuengredes Vanessa Carvalho Silva	
Maria do Socorro dos Santos Oliveira	
Sheila Barros Cabral de Araújo	
Matheus Miranda Caniato	
João Soares de Araújo	
DOI 10.37423/250910291	
CAPÍTULO 5	68
IMPACTOS NA HIDRODINÂMICA NO TRECHO FLUVIOESTUARINO DO RIO PARAGUAÇU, EM CONSEQUÊNCIA DA OPERAÇÃO DA USINA HIDRELÉTRICA DE PEDRA DO CAVALO	
Tiago Rosário da Silva	
DOI 10.37423/250910295	

Capítulo 1



10.37423/250910274

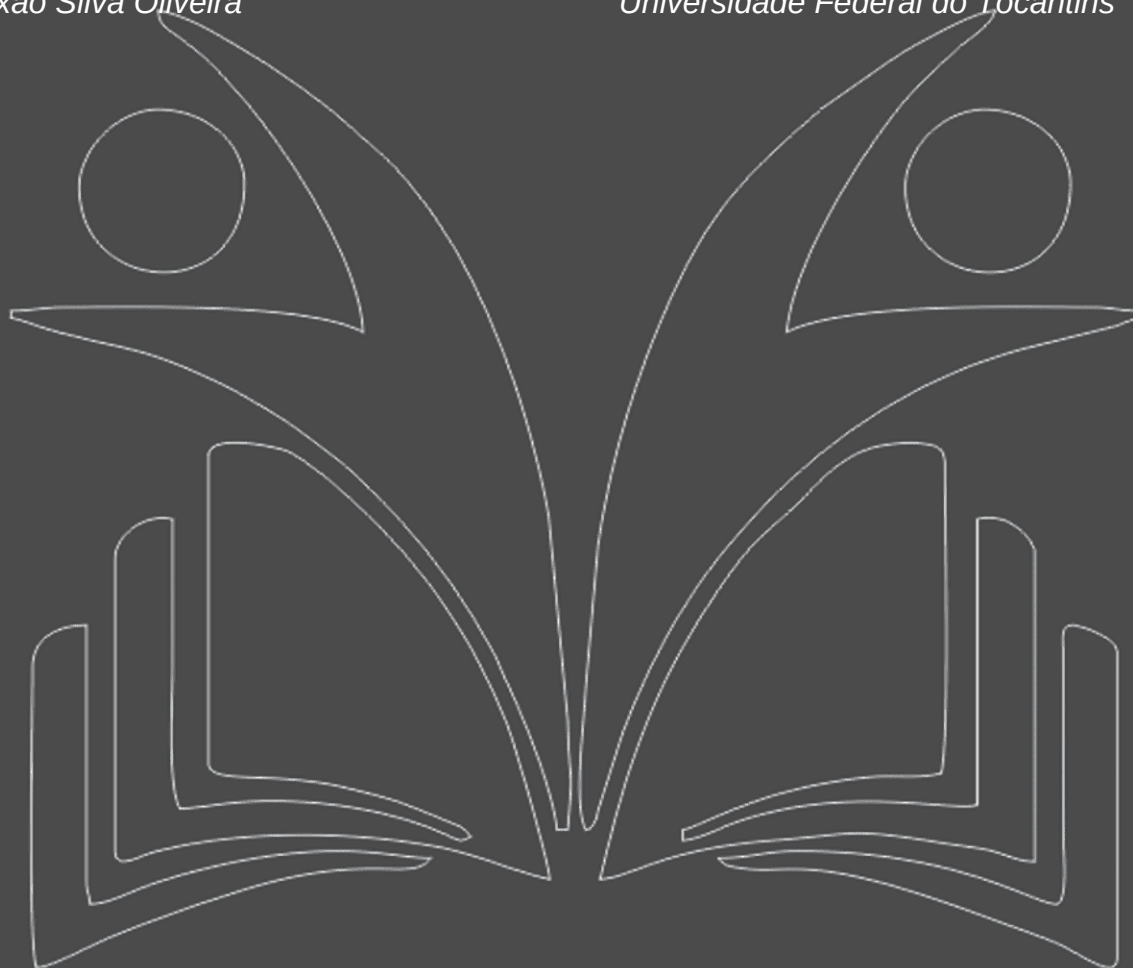
COMPRAS SUSTENTÁVEIS NA ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA BRASILEIRA: ANÁLISE DAS RESOLUÇÕES DO CNJ E INFLUÊNCIA DO DIREITO INTERNACIONAL E DA AGENDA 2030

Naura Stella Bezerra de Souza Cavalcante

Universidade Federal do Tocantins

Liziane Paixão Silva Oliveira

Universidade Federal do Tocantins



Resumo: Este artigo analisa como os instrumentos de apoio e as resoluções do Conselho Nacional de Justiça (CNJ) influenciam as compras públicas sustentáveis no Brasil. A pergunta problema é: Como os manuais, guias e as resoluções do CNJ (347 e 400 de 2021) contribuem para a implementação de compras sustentáveis no Brasil? Os objetivos incluem avaliar esses instrumentos e verificar a influência do Direito Internacional e da Agenda 2030. A metodologia utilizada foi a análise documental e comparativa de manuais, guias e resoluções. Os resultados indicam que, embora os instrumentos forneçam diretrizes práticas, a implementação enfrenta desafios, como a falta de capacitação técnica e recursos tecnológicos para monitoramento. As resoluções do CNJ representam avanços importantes, mas a plena execução de suas diretrizes ainda requer maior articulação e investimentos em formação profissional.

Palavras-chave: Compras Sustentáveis. Agenda 2030. CNJ. Desenvolvimento Sustentável. Administração Pública.

1. INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com o meio ambiente e o desenvolvimento sustentável tem levado governos e instituições a adotarem políticas que promovam práticas sustentáveis em diversas áreas, com a intencionalidade de promover práticas conscientizadoras em todos os aspectos, dentre os quais estão os fatores sociais, econômicos e políticos.

Nesse sentido, os maiores aportes deve iniciar pela exemplificação no setor público, por meio de iniciativas que asseguram a implementação das compras sustentáveis, que visam aliar a eficiência econômica com a responsabilidade ambiental e social.

Para tanto, pensar no real sentido de preservação, começa pela estratificação e adoção de novas atitudes, no caso deste artigo em tela relacionar uma discussão investigativa acerca das compras públicas sustentáveis, não apenas na ideologia de fazer reduções que trazem impactos negativos no meio ambiente, mas também contribuir para o desenvolvimento de uma economia mais inclusiva e equitativa.

No Brasil, as compras sustentáveis ganharam destaque a partir da homologação de diretrizes estabelecidas em âmbito nacional e internacional, como o Direito Internacional e as metas asseguradas pela Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável que determinou os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

No entanto, a aplicação dessas práticas enfrentam desafios significativos, como a falta de conhecimento técnico e a ausência de uma cultura organizacional voltada para a sustentabilidade. Diante do cenário exposto, o Conselho Nacional de Justiça (CNJ), por meio das resoluções 347 e 400 de 2021, estabeleceu parâmetros e diretrizes para promover a sustentabilidade no âmbito do Poder Judiciário, incentivando a adoção de compras públicas que considerem critérios ambientais e sociais.

Tão logo, para investigar essa realidade surgiu o ensejo de encontrar dados pelo seguinte problema de pesquisa: Como os instrumentos de apoio, como manuais e guias existentes no Brasil, contribuem para a implementação de compras sustentáveis, e de que maneira o Direito Internacional e a Agenda 2030 influenciam essa prática no Brasil?

A investigação dessa questão permiti um panorama em que as informações possam ordenar descrições para compreender as melhores práticas adotadas, bem como os desafios enfrentados e o impacto das normativas do CNJ no aprimoramento das compras sustentáveis.

O objetivo geral foi organizado para realizar uma análise crítica das políticas de compras sustentáveis no Brasil, focando nas resoluções do CNJ e na influência do Direito Internacional e da Agenda 2030.

Para atingir esse objetivo, os objetivos específicos são:

- Analisar os instrumentos de apoio (manuais e guias) existentes no Brasil sobre compras sustentáveis, identificando boas práticas e lacunas;
- Estudar como o processo de elaboração e implantação das compras sustentáveis foi influenciado pelo Direito Internacional e pela Agenda 2030;
- Examinar os princípios e o conceito de desenvolvimento sustentável e de compras sustentáveis na administração pública brasileira;
- Avaliar as resoluções 347 e 400 de 2021 do CNJ, que traçam diretrizes para as compras sustentáveis no Poder Judiciário.

Metodologicamente, para seguridade de alcançar informações da pergunta problema e dos objetivos propostos, este estudo adotou uma abordagem qualitativa descritiva, com base em revisão documental. A pesquisa foi conduzida por meio de uma análise de manuais, guias e normativas brasileiras relacionadas as compras sustentáveis, bem como de documentos internacionais, incluindo as metas da Agenda 2030 e as diretrizes do Direito Internacional sobre sustentabilidade.

Outro ponto salutar, refere-se a análise das resoluções 347 e 400 de 2021 do CNJ promulgadas com o intuito de identificar as diretrizes estabelecidas e seu impacto na implementação de compras sustentáveis no setor público, especialmente no âmbito do Poder Judiciário.

Neste navegar científico o estudo versou sobre a inclusão comparativa de boas práticas recomendadas nos instrumentos de apoio já existentes no Brasil, visando identificar padrões e lacunas na aplicação dessas diretrizes, trazendo ao futuro leitor uma sistematização de reflexões e bases científicas, além de aportes legais que regulamentam a sustentabilidade em licitações no território brasileiro.

2. PRINCÍPIOS E CONCEITOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E COMPRAS SUSTENTÁVEIS NA ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA

Para desvelar os princípios e conceitos, inicia-se destacando que através de algumas normatizações e orientações direcionadas pelo Ministério do Meio Ambiente é preciso se levar em conta no processo de aquisição de bens e serviços, alguns aspectos como os custos ao longo de todo o ciclo de vida, custos de utilização e manutenção e eliminação (Brasil, 2016).

Nesse sentido, para delinear sobre o desenvolvimento sustentável e compras sustentáveis é notória a importância de enfatizar sobre os órgãos públicos que precisam inserir em seus princípios a

contextualização de Planos de Logística Sustentável em consonância com a Agenda Ambiental de Administração Pública.

Além do mais, no Brasil foram instituídas diretrizes que organizam a responsabilidade socioambiental nas atividades por meio das ações relacionadas as questões como mudanças nos investimentos, compras e contratações de serviços, sensibilização e capacitação dos servidores, gestão adequada dos recursos naturais utilizados e resíduos gerados e promoção da melhoria da qualidade de vida no ambiente de trabalho (Brasil, 2016).

Para ampliações, realizou-se um resgate sobre o conceito de desenvolvimento sustentável que teve uma formulação considerada como marco para as discussões sobre sustentabilidade, a Conferência de Estocolmo de 1972, que de acordo com Mata Diz (2019, p. 84) afirma que “foi o primeiro passo para coordenar esforços direcionados para a defesa do meio ambiente, incluindo comoreferência o desenvolvimento sustentável”. Assim, a partir desta Conferência, de acordo com a autora, foi estabelecida pela primeira vez a conexão entre sustentabilidade ambiental, crescimento econômico e desenvolvimento social.

O ideário acerca do conceito de desenvolvimento sustentável vem sendo criado ao longo dos anos, “após o estabelecimento de diversas convenções internacionais e nacionais que discutiam formas de conciliar a proteção do meio ambiente e o desenvolvimento social com o crescimento econômico” (Fontenelle, 2023, p. 04)

Entretanto, foi no transcorrer da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD), realizada no Rio de Janeiro em 1992, que ganhou ampla notoriedade com a publicação do Relatório Brundtland, em 1987. Nas evidências desse relatório, o desenvolvimento sustentável é aquele que “atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem às suas próprias necessidades” (CMMAD, 1987, p. 43).

No entanto, conforme destacado por Juarez Freitas, o conceito proposto pelo Relatório, apesar de ter sido essencial para o impulsionamento do desenvolvimento sustentável, diz pouco “sobre o caráter multidimensional da sustentabilidade, devendo-se incluir, além das vertentes econômica, social e ambiental, as dimensões jurídico-política e ética” (Freitas, 2019, p. 25).

De acordo com o autor, a sustentabilidade pós-Brundtland deve assumir “demandas concernentes ao bem-estar físico e psíquico, não se atendo ao atendimento das necessidades materiais e o faz sem

ampliar os riscos suscitados, em escala industrial, pelo próprio ser humano”, devendo ser política e eticamente consistente (Freitas, 2019, p. 27).

Tão logo, no contexto das políticas públicas, o desenvolvimento sustentável envolve a criação de iniciativas que promovam o crescimento econômico, a inclusão social e a proteção ambiental de forma integrada. Isso implica em criar condições para que os governos adotem práticas que favoreçam o uso consciente de recursos naturais, a redução de desigualdades e a promoção de uma economia circular e resiliente (Sachs, 2015, p. 102).

Uma exemplificação que pode ser levada em consideração de desenvolvimento sustentável engloba o Plano Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) formados por legislações que refletem o compromisso do Brasil com políticas de sustentabilidade (Brasil, 2009).

Na sequência, frisa-se sobre as compras sustentáveis na administração pública que representam um dos principais mecanismos para promover o desenvolvimento sustentável. Se por um lado as compras públicas são compreendidas como um ato meramente rotineiro do setor público, Nonato (2022, p. 119) destaca que as mesmas visam somente a “manutenção de sua cadeia de suprimentos”, que por outro lado, recentemente tem crescido a “concepção de que as compras públicas podem ser revestidas de critérios e mecanismos que as qualifiquem como um instrumento estratégico de políticas públicas”.

Este fato ocorre nas chamadas Compras Públicas Sustentáveis (CPS), que são conhecidas também como licitações públicas sustentáveis, eco aquisições, compras ambientalmente amigáveis, consumo responsável e licitação positiva, as CPS são “uma solução para integrar considerações ambientais e sociais em todos os estágios do processo da compra e contratação dos agentes públicos com o objetivo de reduzir impactos à saúde humana, ao meio ambiente e aos direitos humanos” (Biderman et al., 2008, p. 21).

As respectivas compras são “reconhecidas assim pela a sua influência e seus efeitos sobre o tripé da sustentabilidade, ou seja, sobre a dimensão social, econômica e ambiental” (Hacking; Guthrie, 2008, p. 73). A partir de então é possível observar pelas contribuições de Biderman et al. (2008):

O surgimento e o fortalecimento de inúmeras práticas e políticas, lideradas principalmente pelos governos da União Europeia, EUA e Canadá, e também por organizações internacionais privadas e da sociedade civil mobilizando instrumentos de aprendizagem, financeiros e redes, visando disseminar tal

estratégia para outros territórios, aumentando a pressão para que os países ditos em desenvolvimento também adotem tais critérios em seus arranjos institucionais.

Não obstante, em tempos recentes, a Agenda 2030 das Nações Unidas, destaca que as compras para o consumo e a produção sustentável são princípios fundamentais para alcançar o desenvolvimento sustentável global.

Mas, no Brasil, desde o Decreto nº 7.746, de 2012, regulamentou-se o Plano de Gestão de Logística Sustentável (PLS), que visa orientar os órgãos da administração pública federal a adotarem práticas de compras sustentáveis. Esse decreto define as compras sustentáveis como aquelas que consideram, além de critérios econômicos, aspectos ambientais e sociais ao longo de todo o ciclo de vida dos produtos e serviços adquiridos (Brasil, 2012).

Outrossim, de acordo com o Manual de Compras Públicas Sustentáveis publicado pelo Ministério do Meio Ambiente (2020), a administração pública deve priorizar fornecedores que respeitem legislações ambientais e trabalhistas, e produtos que apresentem menor impacto ambiental. Além disso, o Decreto nº 10.936, de 2022, atualizou os critérios de compras públicas, reforçando a importância das escolhas que minimizem o consumo de recursos naturais e promovam a inclusão social.

Estabelecendo que os princípios fundamentais que regem as compras sustentáveis na administração pública estão alinhados com as diretrizes do desenvolvimento sustentável. Entre os principais, destacam-se:

1. **Economicidade:** A economicidade está relacionada à busca por eficiência na gestão de recursos públicos, o que implica obter o melhor valor por dinheiro, considerando o ciclo de vida dos produtos. Isso inclui a redução de custos a longo prazo, como a manutenção e o descarte adequados (Fernandes, 2019, p. 75).
2. **Transparência:** A transparência é um princípio constitucional que visa garantir a publicidade e a integridade dos processos licitatórios e de compras públicas, assegurando que as aquisições sejam realizadas de forma ética e justa. No contexto das compras sustentáveis, a transparência garante que os critérios ambientais e sociais sejam devidamente divulgados e monitorados (Pereira, 2021, p. 114).
3. **Responsabilidade Ambiental:** Esse princípio está atrelado à redução dos impactos negativos sobre o meio ambiente, promovendo a utilização de materiais recicláveis, a redução de emissões de gases de efeito estufa e a minimização de resíduos gerados pelas atividades da administração pública (Silva, 2020, p. 98).
4. **Responsabilidade Social:** A responsabilidade social nas compras públicas envolve a inclusão de critérios que beneficiem empresas que promovem condições dignas de trabalho e igualdade de oportunidades. Também busca-se fomentar o desenvolvimento local e regional, priorizando pequenos produtores e empresas que seguem práticas socialmente responsáveis (Martins, 2020, p. 89).

Dessa forma, os princípios de economicidade, transparência, responsabilidade ambiental e responsabilidade social não só estruturam as práticas de compras sustentáveis na administração pública, mas também refletem um compromisso mais amplo com o desenvolvimento sustentável, conforme estabelecido por políticas nacionais e internacionais. A adoção desses princípios no Brasil, orientada por legislações como o Decreto nº 7.746/2012 e iniciativas como a Agenda 2030, evidencia um esforço contínuo para alinhar as ações do setor público com os desafios globais de sustentabilidade.

No tocante às compras públicas, a literatura alega ser necessário analisar outros critérios, além dos parâmetros de preço, dada a importância de se levar em conta os aspectos ambientais e sociais que controlam os comportamentos de produção e consumo dos fornecedores (Gelderman et al., 2015).

Este conceito, que é denominado compras públicas sustentáveis, é definido por Brammer e Walker (2011, p. 455) como “o ato de integrar uma preocupação com impactos sociais e ambientais mais amplos nas compras realizadas pelos governos ou órgãos do setor público”. A designação propõe a ação de gastar recursos públicos em produtos e serviços que viabilizem os princípios do desenvolvimento sustentável.

Para ampliar a fundamentação discursiva, na próxima seção norteou a influência do Direito Internacional e da Agenda 2030 no processo de elaboração e implementação das compras sustentáveis no Brasil, destacando suas contribuições e desafios.

3. IMPACTO DO DIREITO INTERNACIONAL E DA AGENDA 2030 NAS COMPRAS SUSTENTÁVEIS NO BRASIL

O Direito Internacional tem exercido uma influência crescente na formulação e implementação de políticas públicas voltadas para o desenvolvimento sustentável, especialmente nas áreas de compras e consumo responsável. Esse processo tem sido impulsionado por acordos multilaterais e organismos internacionais, como a Organização das Nações Unidas (ONU) e a Organização Mundial do Comércio (OMC), que criam diretrizes e metas globais para orientar os países na adoção de práticas mais sustentáveis.

No contexto das compras públicas, o Brasil tem se alinhado com esses compromissos internacionais, especialmente após a adesão à Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Ressalta-se que o Direito Internacional estabelece bases normativas para a promoção da sustentabilidade em escala global, abordando temas como consumo responsável e produção sustentável.

Além disso, normatiza documentos importantes como o Acordo de Paris sobre Mudança Climática e os Princípios do Pacto Global da ONU fornecem diretrizes para que os países integrem critérios ambientais e sociais em suas políticas de compras públicas.

Segundo Amaral (2020, p. 85), "a internalização de tratados e acordos internacionais no direito brasileiro fortalece a implementação de políticas públicas voltadas para o consumo sustentável, ao exigir que os governos incorporem padrões internacionais em suas legislações nacionais".

No Brasil, a adoção de normativas internacionais, especialmente aquelas voltadas para a proteção do meio ambiente e o consumo consciente, impulsionou a criação de leis e decretos que exigem a consideração de fatores ambientais e sociais nas compras públicas, como o Decreto nº 7.746/2012 (Brasil, 2012).

A Organização Mundial do Comércio (OMC) também "contribui ao incentivar a transparência e a concorrência justa nas compras governamentais, reforçando a adoção de critérios sustentáveis nos processos licitatórios" (Fernandes, 2019, p. 105). No âmbito do Direito Internacional, a promoção das compras sustentáveis está diretamente vinculada ao princípio de cooperação entre os Estados, buscando atender aos desafios ambientais e sociais de maneira integrada e coletiva.

No entanto, Andrecka (2017) apresenta o exemplo da Dinamarca, que é considerada pioneira no desenvolvimento sustentável, na sua experiência com a implementação de CPS. Destaca que um dos maiores desafios se encontra relacionado ao monitoramento das condições sustentáveis, tais como cláusulas trabalhistas e critérios ambientais, uma vez que há pouca ou nenhuma aplicação nos contratos. Ainda, destaca a existência de um conhecimento muito limitado sobre a conformidade dos fornecedores com esses critérios.

Mesmo com desafios, em continuidade sobre a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, infere-se que foi aprovada pela ONU em 2015, em sua ordenação trouxe uma série de metas ambiciosas que buscam transformar o mundo até 2030. Dentre suas 17 metas, destaca-se a Meta 12: Consumo e Produção Sustentáveis, que visa "assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis" (ONU, 2015).

Essa meta estabelece objetivos claros para que os governos implementem políticas que fomentem o uso eficiente dos recursos naturais, minimizem os impactos ambientais e promovam cadeias de suprimento socialmente responsáveis. A influência da Agenda 2030 nas compras públicas sustentáveis

no Brasil é evidente na adoção de estratégias que integram práticas de consumo consciente e responsabilidade social.

Como destaca Silva (2021, p. 42), "a Agenda 2030 atua como um guia global para a transformação das políticas de compras públicas, incentivando os governos a incorporarem critérios socioambientais em seus processos licitatórios". No Brasil, a implementação dessas práticas foi reforçada por normativas como o Decreto nº 10.936/2022, que regulamenta os procedimentos de compras públicas sustentáveis e incentiva o uso de produtos que atendam a critérios de sustentabilidade ao longo de seu ciclo de vida (Brasil, 2022).

Além disso, o Plano de Ação para Produção e Consumo Sustentáveis (PPCS), lançado em 2011 pelo Ministério do Meio Ambiente, está em consonância com os objetivos da Agenda 2030, promovendo a redução de impactos ambientais nos processos de compras e incentivando o consumo de bens e serviços que respeitem critérios ambientais e sociais.

Embora a Agenda 2030 e o Direito Internacional tenham criado uma base sólida para a implementação de compras sustentáveis no Brasil, ainda existem desafios na aplicação prática dessas diretrizes. Entre os principais entraves está a falta de "capacitação técnica dos gestores públicos para integrar efetivamente os critérios socioambientais nos processos licitatórios, além da dificuldade de monitoramento e avaliação do impacto das compras sustentáveis" (Pereira, 2020, p. 117).

Outro desafio é o desenvolvimento de uma cultura organizacional comprometida com a sustentabilidade, que vá além da mera adesão às normativas e promova uma transformação genuína nas práticas de gestão pública. Nesse sentido, a adoção de boas práticas em outros países, especialmente aqueles que têm "avançado na integração de compras sustentáveis, pode servir como modelo para o Brasil superar esses obstáculos e maximizar os benefícios das compras públicas sustentáveis" (Silva, 2021, p. 55).

Diante dos desafios é salutar fazer um campo analíticos das resoluções homologadas pelo CNJ.

4. ANÁLISE DAS RESOLUÇÕES DO CNJ (347 E 400 DE 2021)

As Resoluções 347 e 400 de 2021 do Conselho Nacional de Justiça (CNJ) representam marcos importantes no contexto das compras sustentáveis no Brasil, especialmente no âmbito do Poder Judiciário. Ambas as resoluções têm como objetivo promover práticas que integrem critérios de sustentabilidade nos processos licitatórios e administrativos, alinhando-se às diretrizes internacionais e nacionais sobre desenvolvimento sustentável.

Neste contexto, a seguir, apresenta-se uma análise dessas resoluções, com destaque para suas contribuições, diretrizes e impactos no cenário das compras públicas sustentáveis no Brasil.

4.1 RESOLUÇÃO 347/2021: DIRETRIZES DE SUSTENTABILIDADE NO PODER JUDICIÁRIO

A Resolução 347/2021 foi aprovada pelo CNJ como parte de um esforço para fortalecer as políticas de sustentabilidade no Judiciário, exigindo que os tribunais adotem medidas que contemplem a responsabilidade ambiental e social em suas contratações.

De acordo com o texto da resolução, os órgãos do Poder Judiciário devem "priorizar contratações sustentáveis, considerando critérios de economicidade, impacto ambiental, eficiência energética e práticas sociais inclusivas" (CNJ, 2021a, p. 3). Entre as principais diretrizes da Resolução 347/2021, destacam-se:

- Integração de critérios sustentáveis nos processos de licitação e contratação, que envolvem a aquisição de materiais e serviços que atendam a padrões ambientais, como a redução de emissões de carbono e o uso eficiente de recursos.
- Estabelecimento de metas para o uso de energias renováveis e redução de resíduos nos tribunais, incentivando a implementação de práticas sustentáveis no dia a dia das instituições judiciárias.
- Educação e capacitação dos servidores públicos no que diz respeito à sustentabilidade, promovendo uma cultura institucional que valorize a adoção de práticas que reduzam o impacto ambiental.

De acordo com Pereira (2022, p. 87), a Resolução 347/2021 representa um passo significativo para "institucionalizar a sustentabilidade no setor público, ao definir claramente que o Poder Judiciário deve liderar pelo exemplo, implementando políticas que sirvam de modelo para outras esferas governamentais".

No entanto, apesar do seu caráter inovador, ainda há desafios em termos de sua implementação plena, especialmente na capacitação técnica dos servidores para adotar esses critérios de forma eficiente.

4.2 RESOLUÇÃO 400/2021: PLANO DE LOGÍSTICA SUSTENTÁVEL NO PODER JUDICIÁRIO

Como supracitado anteriormente, após a realização da Conferência de Estocolmo, em 1972, considerado marco nessa temática, outras reuniões mundiais foram executadas, as quais pode-se mencionar a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente (ECO-92), realizada no Rio de Janeiro em 1992, que contemplou delegações de 175 países, diversos representantes de Organizações

Não Governamentais (ONGs) e grande parte da população brasileira e de outras partes do mundo e a Cúpula de Desenvolvimento Sustentável, realizada em 2015, em Nova Iorque, que deram origem à Agenda 21 e à Agenda 2030, documentos que sintetizam as intenções alcançadas nos encontros (Pimenta; Nardelli, 2015).

Diante das discussões e compromissos surgiu alguns objetivos e regras por meio de formulação de documentos mundiais, no qual compete a aplicabilidade e acompanhamento pelos governos que delas participam, em todas as esferas internas, privadas ou públicas, nas empresas ou nos órgãos públicos.

Desse modo, o Conselho Nacional de Justiça (CNJ), órgão responsável pela coordenação do Judiciário brasileiro, está atrelado às regras de sustentabilidade traçadas, inicialmente, no cerne das conferências e, posteriormente, desenvolvidas pelos países participantes (Almeida Pinto; Melo Filho, 2024).

Em vistas disso, o CNJ expediu, na condição de regra geral de sustentabilidade, a Resolução nº 400/2021, que traz as diretrizes gerais em política de sustentabilidade, conceitua diversos institutos ligados ao tema e determina aos Tribunais o uso de Planos de Logística Sustentável, traçando Indicadores de Desenvolvimento Sustentável (IDS), dentre outras medidas.

A Resolução 400/2021, por sua vez, complementa a Resolução 347/2021 ao regulamentar o Plano de Logística Sustentável (PLS) no âmbito do Poder Judiciário. O PLS é um instrumento essencial para o planejamento e a execução de ações que visam reduzir os impactos ambientais decorrentes das atividades judiciais, integrando sustentabilidade em todas as etapas de gestão administrativa, incluindo as compras públicas.

Conforme estabelece a Resolução 400/2021, o PLS deve "adotar práticas e soluções inovadoras que visem à redução do consumo de recursos naturais, promoção de economia circular e inclusão social nas contratações públicas" (CNJ, 2021b, p. 5). Entre os pontos centrais dessa resolução estão:

- Monitoramento e controle de consumo de materiais e recursos, como água, energia e papel, em todas as unidades do Judiciário, com o objetivo de otimizar o uso e reduzir desperdícios.
- Estabelecimento de parcerias com empresas e fornecedores que adotem práticas sustentáveis, garantindo que as compras públicas sigam critérios de sustentabilidade social e ambiental.
- Indicadores de desempenho sustentável, que monitoram a eficiência das práticas adotadas e permitem a adaptação de estratégias para alcançar melhores resultados.

Segundo Silva (2023, p. 92), a Resolução 400/2021 reforça a importância da "logística sustentável como parte integral das compras públicas no Poder Judiciário, criando condições para que o Judiciário

não só cumpra suas metas ambientais, mas também promova inclusão social ao adotar práticas sustentáveis em suas contratações".

4.3 IMPACTO DAS RESOLUÇÕES NO PROCESSO DE COMPRAS SUSTENTÁVEIS

A adoção das resoluções 347 e 400 pelo CNJ tem repercussões amplas no contexto das compras públicas sustentáveis. Primeiro, ambas as resoluções definem um padrão de comportamento para outros órgãos públicos, sugerindo que o Poder Judiciário tem a responsabilidade de liderar o movimento por contratações mais conscientes e alinhadas às metas globais de sustentabilidade.

Além disso, a obrigatoriedade de integrar a sustentabilidade no planejamento de compras e nas práticas administrativas é um passo importante para a concretização das metas da Agenda 2030, especialmente no que diz respeito à Meta 12, que incentiva o consumo e a produção responsáveis.

Para Pereira (2022, p. 89), "essas resoluções representam um marco no avanço das políticas de compras sustentáveis no Brasil, ao formalizar critérios e criar mecanismos para sua implementação em larga escala no Judiciário". Apesar dos avanços, o sucesso dessas resoluções depende da capacitação dos servidores públicos, do acompanhamento rigoroso dos indicadores de desempenho e da criação de mecanismos que garantam a adesão às diretrizes estabelecidas.

Todavia, a capacitação é fundamental para que os servidores públicos possam identificar e aplicar os critérios sustentáveis de forma eficaz nos processos de licitação, utilizando os princípios que direcionam todo o processo a ser executado pelos instrumentos estabelecidos.

4.4 ANÁLISE COMPARATIVA DOS INSTRUMENTOS DE APOIO (MANUAIS, GUIAS) SOBRE COMPRAS SUSTENTÁVEIS NO BRASIL

No contexto das compras sustentáveis no Brasil, os manuais e guias de apoio desempenham um papel crucial ao fornecer diretrizes e boas práticas para que os órgãos públicos implementem políticas de compras sustentáveis de forma eficaz.

Esses instrumentos são elaborados por diferentes órgãos do governo, como o Ministério do Meio Ambiente (MMA), a Controladoria-Geral da União (CGU), e pelo próprio Conselho Nacional de Justiça (CNJ), visando orientar os servidores públicos e gestores sobre como incorporar critérios ambientais, sociais e econômicos nos processos de compras.

Nesta seção, apresenta-se de forma sucinta algumas análises e comparações de alguns dos principais manuais e guias disponíveis no Brasil, com o objetivo de identificar as melhores práticas

recomendadas, as lacunas existentes e o impacto prático desses documentos na promoção das compras públicas sustentáveis.

4.4.1 MANUAL DE COMPRAS PÚBLICAS SUSTENTÁVEIS – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (2020)

O Manual de Compras Públicas Sustentáveis, publicado pelo Ministério do Meio Ambiente, é um dos instrumentos mais abrangentes e utilizados no Brasil. O documento fornece orientações detalhadas sobre como integrar critérios ambientais e sociais nas licitações e contratações públicas, oferecendo exemplos práticos de implementação.

O manual enfatiza a necessidade de considerar o ciclo de vida dos produtos adquiridos e a importância de priorizar fornecedores que adotem práticas de responsabilidade socioambiental. Uma das grandes vantagens desse documento é a inclusão de checklists e modelos de editais, que facilitam a incorporação de critérios de sustentabilidade em licitações de diversos setores (MMA, 2020, p. 47).

Conforme Silva (2021, p. 65), "o Manual do MMA é uma ferramenta essencial para a formação de uma cultura de compras sustentáveis no setor público brasileiro, pois oferece um guia prático e acessível para gestores". No entanto, o autor ressalta que a implementação prática das diretrizes do manual ainda enfrenta dificuldades, como a falta de capacitação adequada dos gestores e a resistência à mudança nas rotinas administrativas.

4.4.2 GUIA DE SUSTENTABILIDADE NAS CONTRATAÇÕES PÚBLICAS – TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO (TCU)

O Guia de Sustentabilidade nas Contratações Públicas, produzido pelo Tribunal de Contas da União, tem um foco específico na gestão de contratos e na fiscalização das compras públicas sustentáveis. Diferentemente do manual do MMA, que oferece uma abordagem mais geral, o guia do TCU se aprofunda em questões legais e técnicas relacionadas ao cumprimento dos critérios sustentáveis ao longo da execução dos contratos.

Uma das principais contribuições do guia é a sua ênfase no monitoramento e na avaliação dos contratos, sugerindo que as compras públicas sustentáveis não se limitem à fase de licitação, mas também abranjam o acompanhamento do desempenho dos fornecedores e do impacto ambiental e social gerado ao longo do contrato (TCU, 2021, p. 38).

De acordo com Pereira (2022, p. 92), "o guia do TCU destaca a importância de alinhar a fiscalização à sustentabilidade, fornecendo diretrizes claras para monitorar o cumprimento das cláusulas sustentáveis".

Contudo, uma crítica recorrente ao guia do TCU é a sua linguagem técnica, que pode dificultar o entendimento por parte de gestores que não possuam uma formação específica na área de fiscalização.

4.4.3 GUIA NACIONAL DE COMPRAS SUSTENTÁVEIS – CONTROLADORIA-GERAL DA UNIÃO (CGU)

O Guia Nacional de Compras Sustentáveis da Controladoria-Geral da União foca na transparência e na accountability dos processos de compras, oferecendo recomendações para que os gestores assegurem que os critérios de sustentabilidade sejam devidamente registrados e fiscalizados. A principal contribuição desse guia é a criação de indicadores de desempenho que permitem avaliar a eficácia das compras sustentáveis, facilitando a transparência no uso de recursos públicos (CGU, 2023, p. 25).

O guia da CGU destaca ainda a importância de integrar os critérios de sustentabilidade em todas as etapas do processo de compra, desde a fase de planejamento até a auditoria pós-contratação. Isso se alinha com as recomendações da Agenda 2030, especialmente na Meta 12, que incentiva a adoção de padrões responsáveis de consumo e produção.

Segundo Fernandes (2020, p. 76), "o guia da CGU preenche uma lacuna importante ao abordar a transparência e a prestação de contas nas compras sustentáveis, aspectos que são muitas vezes negligenciados nos processos licitatórios". No entanto, o autor também aponta que a implementação das diretrizes do guia enfrenta desafios relacionados à falta de recursos tecnológicos para monitorar e medir os impactos de forma eficaz.

4.4.4 COMPARAÇÃO ENTRE OS MANUAIS E GUIAS

Ao comparar os três principais manuais e guias de compras sustentáveis no Brasil, observa-se que, embora todos compartilhem o objetivo comum de promover a sustentabilidade nas contratações públicas, cada um possui um enfoque específico que atende a diferentes etapas e aspectos do processo de compras:

- O Manual do Ministério do Meio Ambiente é mais abrangente, oferecendo orientações gerais e práticas para a implementação de compras sustentáveis, sendo acessível a uma ampla gama de gestores públicos.

- O Guia do Tribunal de Contas da União se destaca por seu foco na fiscalização e no acompanhamento dos contratos, sendo especialmente útil para gestores responsáveis por monitorar o cumprimento das cláusulas sustentáveis.
- O Guia da Controladoria-Geral da União prioriza a transparência e a prestação de contas, incentivando o uso de indicadores de desempenho para monitorar e medir o sucesso das compras sustentáveis.

Em termos de lacunas, pode-se destacar que tanto o manual do MMA quanto os guias do TCU e da CGU enfrentam desafios em relação à implementação prática das diretrizes, especialmente no que diz respeito à capacitação dos gestores e à disponibilização de ferramentas tecnológicas adequadas para o monitoramento eficaz dos processos.

Entre as boas práticas identificadas nos manuais e guias analisados, destacam-se:

- A integração de critérios de ciclo de vida dos produtos, sugerida pelo manual do MMA, que incentiva os gestores a considerarem os impactos ambientais desde a produção até o descarte dos produtos adquiridos.
- O enfoque na fiscalização contínua dos contratos, recomendado pelo guia do TCU, que garante que os critérios de sustentabilidade sejam mantidos durante toda a vigência do contrato.
- A criação de indicadores de desempenho, promovida pelo guia da CGU, que facilita o acompanhamento da eficácia das políticas de compras sustentáveis e promove a transparência no uso dos recursos públicos.

A comparação dos manuais e guias de compras sustentáveis disponíveis no Brasil revela que cada um deles oferece contribuições valiosas para a promoção das compras públicas sustentáveis, mas também apresenta algumas limitações.

O Manual de Compras Públicas Sustentáveis do Ministério do Meio Ambiente se destaca por ser um guia abrangente e prático, com orientações claras sobre como integrar critérios de sustentabilidade em licitações. No entanto, como apontado por Pereira (2022, p. 102), "ainda há uma dificuldade em transformar essas diretrizes em prática cotidiana, especialmente em órgãos que não têm uma cultura consolidada de sustentabilidade".

Por outro lado, o Guia de Sustentabilidade nas Contratações Públicas do Tribunal de Contas da União (TCU) tem uma abordagem mais técnica e focada na fiscalização, oferecendo ferramentas úteis para o monitoramento das contratações. No entanto, sua linguagem técnica pode ser uma barreira para gestores sem formação específica na área de fiscalização (Fernandes, 2020, p. 86).

O Guia de Compras Públicas Sustentáveis da Controladoria-Geral da União (CGU) se destaca por sua ênfase em transparência e accountability, mas enfrenta desafios semelhantes em termos de implementação prática.

Esses instrumentos de apoio, embora bem elaborados e tecnicamente precisos, necessitam de melhor articulação e integração para que suas diretrizes sejam plenamente aplicadas nos processos de compras públicas.

Além disso, a falta de capacitação contínua e de ferramentas tecnológicas para o monitoramento dos resultados das compras sustentáveis são barreiras significativas que precisam ser superadas.

CONCLUSÃO

A adoção de compras sustentáveis no Brasil está avançando, com o apoio de diretrizes nacionais e internacionais, como o Direito Internacional, a Agenda 2030 e as resoluções do CNJ.

No entanto, para que essas práticas sejam implementadas de forma eficaz, é necessário superar desafios práticos relacionados à capacitação e ao monitoramento dos resultados. A articulação entre os diversos manuais e guias disponíveis e o fortalecimento da cultura de sustentabilidade dentro do setor público são passos essenciais para que o Brasil possa alcançar seus objetivos de desenvolvimento sustentável nas compras públicas.

Diretrizes internacionais, como a Agenda 2030, e por políticas nacionais, como as resoluções do CNJ (347 e 400 de 2021). Essas normativas fornecem um marco sólido para a promoção de práticas mais responsáveis e alinhadas com os objetivos de desenvolvimento sustentável, especialmente no contexto do Poder Judiciário.

No entanto, a efetividade dessas iniciativas depende de uma implementação mais robusta, o que inclui a capacitação técnica dos gestores públicos e o uso de ferramentas tecnológicas adequadas para monitorar os resultados e garantir a transparência dos processos.

Ainda há desafios a serem superados, como a resistência à mudança organizacional e a falta de padronização nas práticas sustentáveis entre os diferentes órgãos públicos.

Contudo, o fortalecimento da cultura de sustentabilidade e a articulação entre os diversos instrumentos de apoio, como os manuais do Ministério do Meio Ambiente, do Tribunal de Contas da União, e da Controladoria-Geral da União, podem impulsionar o processo de transformação nas compras públicas brasileiras.

A continuidade desse esforço é fundamental para que o país avance de forma significativa em direção a um modelo de consumo e produção mais sustentável e socialmente responsável.

REFERÊNCIAS

ANDRECKA, M. Corporate Social Responsibility and Sustainability in Danish Public Procurement. *European Procurement & Public Private Partnership Law Review*, 12(3), 333–345, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.21552/epppl/2017/3/14>. Acesso em 10 out. 2024.

AMARAL, T. F. Políticas Públicas Sustentáveis e o Direito Internacional. São Paulo: Saraiva, 2020.

BIDERMAN, R. et al. Guia de compras públicas sustentáveis: uso do poder de compra do governo para a promoção do desenvolvimento sustentável. Centro de Estudos em Sustentabilidade (FGVces), 2008.

BRAMMER, S., & WALKER, H. Sustainable procurement in the public sector: an international comparative study. *International Journal of Operations & Production Management*, 31(4), 452–476, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/01443571111119551>. Acesso em 10 out. 2024.

BRASIL. Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC). Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em: 16 out. 2024.

BRASIL. Decreto nº 7.746, de 5 de junho de 2012. Regulamenta o art. 3º da Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, e institui a política de logística sustentável no âmbito da administração pública federal. *Diário Oficial da União*, Brasília, 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Agenda Ambiental na Administração Pública. Brasília, 2016.

BRASIL. Decreto nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022. Regulamenta a Lei nº 14.133, de 1º de abril de 2021, que estabelece normas gerais de licitação e contratação na administração pública. *Diário Oficial da União*, Brasília, 13 jan. 2022.

CMMAD. Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. *Nosso Futuro Comum*. Relatório Brundtland. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1987.

CGU. Controladoria-Geral da União. Advocacia-Geral da União (AGU). Consultoria-Geral da União. Guia Nacional de Contratações Sustentáveis. 6. ed. Brasília: AGU, setembro 2023

CNJ. Conselho Nacional de Justiça. Resolução nº 347, de 13 de outubro de 2021. Estabelece diretrizes para a sustentabilidade nas contratações públicas do Poder Judiciário. *Diário Oficial da União*, Brasília, 14 out. 2021a.

CNJ. Conselho Nacional de Justiça. Resolução nº 400, de 16 de dezembro de 2021. Institui o Plano de Logística Sustentável (PLS) no âmbito do Poder Judiciário e estabelece diretrizes para sua implementação. *Diário Oficial da União*, Brasília, 17 dez. 2021b.

FERNANDES, C. A. Sustentabilidade e Economicidade no Setor Público. São Paulo: Atlas, 2019.

FERNANDES, L. R. Transparência e Accountability nas Compras Públicas Sustentáveis. São Paulo: Atlas, 2020.

FREITAS, Juarez. Sustentabilidade: direito ao futuro. 4. ed. Belo Horizonte: Fórum, 2019.

FONTENELLE, B. O desenvolvimento sustentável nas licitações do Brasil e da União Europeia. *Revista de Ciências do Estado*, Belo Horizonte, v. 8, n. 2, p. 1–21, 2023. DOI: 10.35699/2525-8036.2023.46873. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/revce/article/view/e46873>. Acesso em: 16 out. 2024.

GELDERMAN, C. J., SEMEIJN, J., & BOUMA, F. Implementing sustainability in public procurement: the limited role of procurement managers and party-political executives. *Journal of Public Procurement*, 15(1), 66–92, 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/269107473>. Acesso em 10 de out. 2024.

HACKING, T., & GUTHRIE, P. A framework for clarifying the meaning of Triple Bottom-Line, Integrated, and Sustainability Assessment. *Environmental Impact Assessment Review*, 28(2-3), 73-89, 2008.

MARTINS, R. G. *Compras Públicas Sustentáveis: uma Abordagem de Inclusão Social*. Porto Alegre: Bookman, 2020.

MMA. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Manual de Compras Públicas Sustentáveis*. Brasília: MMA, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos>. Acesso em: 16 out. 2024.

MATA DINIZ, Jamile Bergamaschine. Os objetivos do Desenvolvimento Sustentável e sua Incorporação pela União Europeia e pelo Brasil. In: MATA DINIZ, Jamile Bergamaschine; GAIO, Daniel (Orgs.). *Desenvolvimento Sustentável na Contemporaneidade*. Belo Horizonte: Arraes, 2019.

NONATO, Raquel Sobral. *Compras Públicas Sustentáveis no Brasil: histórico e uma proposta de taxonomia*. *Revista Brasileira de Políticas Públicas e Internacionais*, v. 7, n. 1, ago./2022, p. 117-140. Disponível em: <https://doi:10.22478/ufpb.2525-5584.2022v7n1.59425>. Acesso em 6 out. 2024.

ONU. *Transformando o Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável*. Assembleia Geral das Nações Unidas, 2015. Disponível em: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/pt/>. Acesso em 10 out. 2024.

PEREIRA, M. C. *Desafios na Implementação de Compras Sustentáveis no Brasil*. Curitiba: Juruá Editora, 2020.

PEREIRA, J. F. *Transparência e Sustentabilidade nas Compras Públicas: Aspectos Jurídicos e Práticos*. São Paulo: Saraiva, 2021.

PEREIRA, J. M. *Políticas Públicas de Sustentabilidade no Judiciário Brasileiro*. São Paulo: Saraiva, 2022.

PINTO, P.; FILHO, L. Iniciativas de sustentabilidade no Judiciário brasileiro: a aplicação da Resolução nº 400/2021 do Conselho Nacional de Justiça e o avanço das pautas ambientais pelos Tribunais de Justiça do país. *Revista Gestão & Sustentabilidade*, v. 6, n. 1, p. e14566, 3 set. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.36661/2596-142X.2024v6n1.14566>. Acesso em 15 out. 2024.

SACHS, I. *Caminhos para o Desenvolvimento Sustentável*. 3. ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2015.

SILVA, A. M. *Responsabilidade Ambiental no Setor Público: Fundamentos e Aplicações*. Curitiba: Juruá, 2020.

SILVA, A. M. Compras Públicas Sustentáveis: Desafios e Oportunidades no Setor Público Brasileiro. Rio de Janeiro: Elsevier, 2021.

SILVA, A. F. Logística Sustentável e Compras Públicas: Implementação no Judiciário Brasileiro. Curitiba: Juruá Editora, 2023.

TCU. Tribunal de Contas da União. Guia de Sustentabilidade nas Contratações Públicas. Brasília: TCU, 2021.

Capítulo 2



10.37423/250910278

EFFECTO DE DIFERENTES DOSIS DE CBFERT EN LA PRODUCCIÓN DE POSTURAS DE PAPAYA (CARICA PAPAYA L.) VARIEDAD MARADOL ROJA

Ana Odalis Terry Lamot

*Facultad de Educación, Universidad de
Guantánamo, Cuba*

Alfredo Cabrera Hechavarría

*Centro Universitario Municipal Niceto Pérez
García, Universidad de Guantánamo*

Norca Favier Chibas

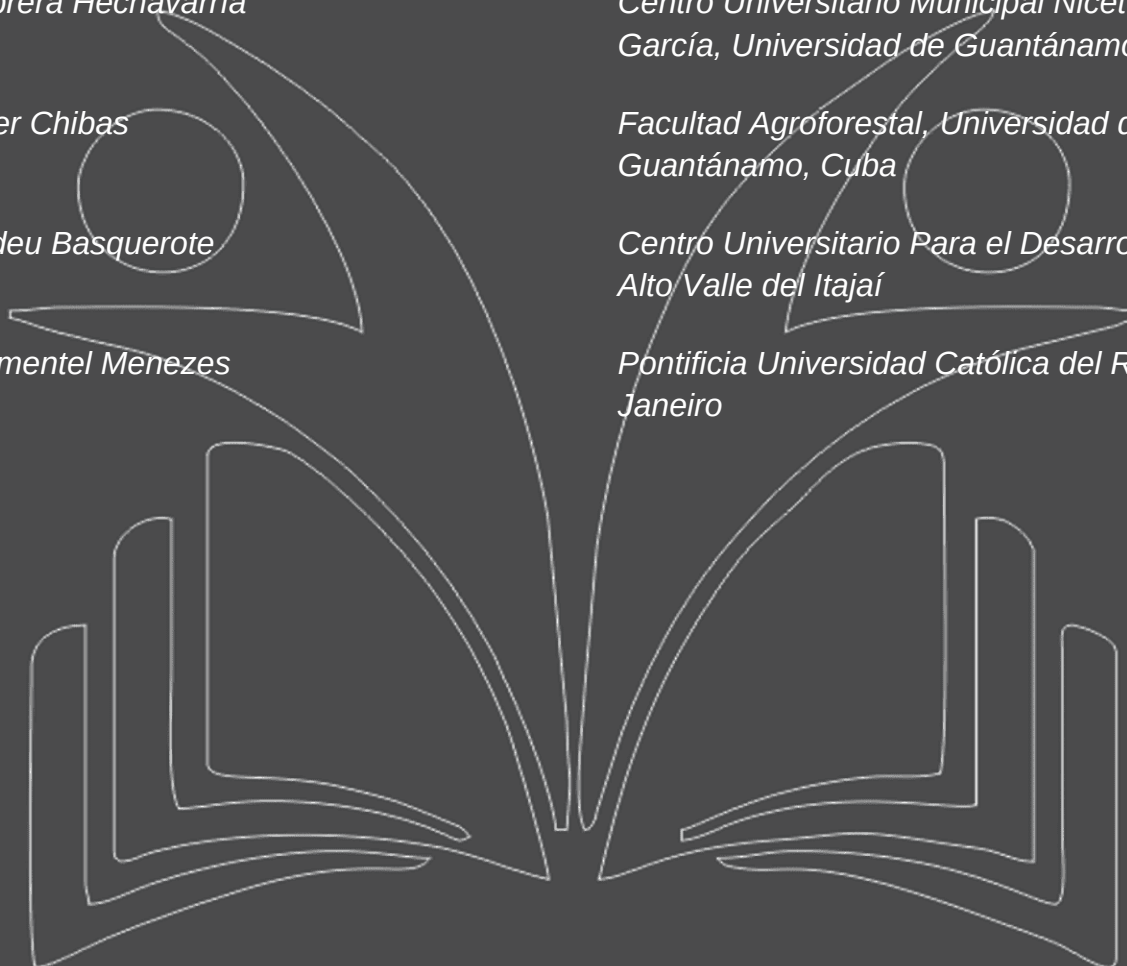
*Facultad Agroforestal, Universidad de
Guantánamo, Cuba*

Adilson Tadeu Basquerote

*Centro Universitario Para el Desarrollo del
Alto Valle del Itajaí*

Eduardo Pimentel Menezes

*Pontificia Universidad Católica del Rio de
Janeiro*



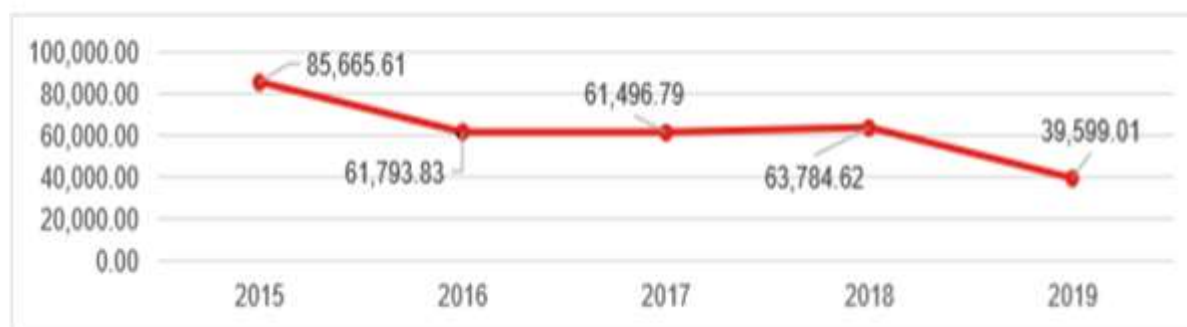
INTRODUCCIÓN

La Carica papaya L. resulta una de las plantas más cultivadas en los países tropicales por tener una alta demanda de consumo, ser una especie de producción precoz, tasa de retorno alta y rápido período de reembolso, a diferencia de otros frutales cuya producción se limita a una época o estación. Se utiliza en la elaboración de dulces, jugos y la papaína se emplea en la elaboración de medicamentos, clarificación de cervezas y ablandamiento de carnes (INIFAT, 2011).

La papaya se produce en más de 60 países y su producción se concentra en naciones en vías de desarrollo. En 2010, la producción de papaya se estimó en 11.22 millones de toneladas y la tasa decrecimiento anual de su producción a nivel mundial fue del 4.35%. Entre 2009 y 2010 el crecimiento fue del 7.26% y si se comparan los años 2002 y 2010 el incremento fue del 34.82%. El incremento en la producción de papaya en el mundo es principalmente el resultado de la expansión del área dedicada al cultivo de la papaya en la India y al esfuerzo por incrementar los rendimientos (producción por hectárea) mediante la aplicación de nuevos descubrimientos de la ciencia agrícola. Edward y col, (2018).

Las frutas son componentes esenciales de una dieta saludable, y un consumo diario suficiente podría contribuir a la prevención de enfermedades importantes, como las cardiovasculares y algunos cánceres, por lo que se recomienda un consumo mínimo de 400 g diarios de frutas y vegetales, como óptimo para garantizar los requerimientos nutricionales del ser humano, debiendo corresponder a frutas 150 g/día. En su composición se destaca el contenido en vitamina A, C y vitaminas del complejo B, que regulan el sistema nervioso y el aparato digestivo; fortifican el músculo cardíaco y son esenciales para el crecimiento. Es rica en minerales como calcio, fósforo, magnesio, hierro, azufre, silicio, sodio y potasio. Contiene una enzima digestiva conocida como papaína, la cual ayuda a digerir las proteínas, lo que la convierte en un gran digestivo (Salud Plena, 2022).

Tradicionalmente, Cuba ha producido fertilizantes químicos. Sin embargo, la producción nacional no cubre la demanda de fertilizantes y, además, ha decrecido en los últimos años como consecuencia de la grave situación económica y financiera que atraviesa el país. Observándose un descenso de las importaciones cubanas de fertilizantes casi de un 54% entre 2015 y 2019, siendo su caída más pronunciada entre los años 2018 y 2019 con una diferencia de un -38% en las importaciones (Erdozia, 2020). La Figura 1 presenta Fluctuación de las importaciones de fertilizantes en Cuba entre los años 2015-2019.

Figura 1- Fluctuación de las importaciones de fertilizantes en Cuba entre los años 2015-2019.*En Miles de Euros*

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Erdozia (2020).

Debido a la baja disponibilidad de fertilizantes químicos, el gobierno cubano ha buscado alternativas como es la construcción de plantas dedicadas a la producción de biofertilizantes, lo que ha incrementado el uso de los fertilizantes líquidos ecológicos en el campo cubano ejemplo de esto es el fertilizante ecológico CBFERT producto cubano que genera un efecto medioambiental favorable. Este suministra nutrientes asimilables por absorción directa con el aporte simultáneo de aminoácidos, vitaminas y minerales que optimizan los procesos metabólicos, actuando como un estimulante del crecimiento vegetal, aumentando la resistencia de las plantas a condiciones adversas, fitotoxidades, plagas o enfermedades, no es tóxico y es útil para el aprovechamiento de los nutrientes del suelo. (MINAG, 2020).

El CBFERT es un fertilizante de producción nacional obtenido mediante su enriquecimiento con iones metálicos acomplejados con EDTA y microalgas (*Spirulina platensis*) (Mayra y col. 2001). Según (Peña y col. 2018), menciona que, los biofertilizantes son alternativas de solución para el incremento de la productividad en zonas agrícolas. La actividad biológica del CBFERT ha sido probada en la agricultura, en la que procesos como la lixiviación, volatilización y fijación en formas insolubles impiden la plena utilización de los elementos nutritivos por las plantas. La combinación de fertilizantes con microalgas ha demostrado su acción como bioestimulantes del crecimiento, incrementando su peso, florecimiento y salida temprana de los frutos.

Ante la baja disponibilidad de fertilizantes foliares importados como es el Bayfolan Forte, se hace necesario utilizar fertilizantes foliares alternativos de producción nacional que garanticen la calidad de las posturas de *Carica papaya* L. El fertilizante ecológico CBFERT genera un efecto medioambiental favorable y útil para el aprovechamiento de los nutrientes del suelo, cumple una tarea de primer orden

en los procesos de producción agrícola al permitir obtener plantaciones vigorosas, menos dependiente de insumos externos, ¿cómo elevar la calidad de las posturas de *Carica papaya L.* con el uso de diferentes dosis del fertilizante foliar CBFERT?; constituye un problema en los procesos de producción agrícola. Los autores pretenden socializar, a través de este artículo el efecto del fertilizante ecológico CBFERT en el comportamiento de diferentes parámetros morfológicos de posturas de *Carica papaya L.*

DESARROLLO

ORIGEN E IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL CULTIVO DE LA *CARICA PAPAYA L.*

La papaya (*Carica papaya L.*) perteneciente a la familia de las Caricáceas. Es nativa de América Tropical Continental, probablemente del territorio que abarca el Sur de México hasta Costa Rica en América Central. (MINAG.2020). Sus semillas fueron distribuidas al Caribe y sureste de Asia (Filipinas) durante la exploración en el siglo XVI, desde donde más tarde fue distribuida a la India, el pacífico y África. Actualmente, C. papaya es ampliamente distribuida a través de las regiones tropicales y subtropicales de todo el mundo entre los 32° Norte y Sur.

Su amplia y rápida diseminación del cultivo es asociado a su propagación por semilla, crecimiento agresivo, semillas con viabilidad prolongada, alto retorno económico y su adaptación a una amplia y diversas condiciones del suelo y clima. (Maricela, 2010). En Cuba se cultiva a escala comercial desde 1906, su fruto es apreciado por su uso industrial para dulces y farmacéutica, así como su sabor dulce.

VARIEDADES COMERCIALES

Maradol Roja: Es el principal cultivar que se siembra en Cuba, obtenido por el investigador cubano Adolfo Rodríguez Rivera y su esposa María Nodal, de ahí el término Mar/adol, que combina los nombres de estos. Tiene una maduración temprana y las frutas son consistentes con una masa fresca promedio de alrededor de 1,50 kg, de forma oblonga, cuando estas provienen de una flor hermafrodita, y pulpa roja con un Brix de 11 grados. Este cultivar es muy productivo y de excelente sabor. Planta precoz de porte mediano, entrenudos cortos y abundante follaje, comienza la producción entre el sexto y séptimo mes, puede mantenerse hasta 22 meses si se mantienen los controles de virosis. (MINAG, 2020)

INIVIT fb - 2000 Enana: Variedad obtenida en el INIVIT. Produce frutos de forma oblonga, con un promedio de 37 frutos/planta, de mesocarpio rojo con un Brix entre 10 y 13 %. El peso promedio varía

entre 0,5 y 2,0 kg/ fruto. Posee alta vida de anaquel. De bajo porte (0,65-0,95 m). La altura de la inflorescencia es de 20-28 cm y la altura de fructificación es de 24-31 cm, por lo que los primeros frutos hacen contacto con el suelo. (Maximiliano W. 2012)

“INIVIT fb-4”; Este híbrido obtenido a través de cruzamientos recíprocos entre los cultivares “NARAN” y “Criolla”, así como retrocruses en la segunda generación con el cultivar “Criolla”, posee una altura media de la planta de 122 cm, el diámetro del tallo alcanza 23,5 cm. La forma del fruto es Piriforme-elongada con una masa promedio de 5,24 kg, el mesocarpio es amarillo-naranja, tiene 5,4 cm de grosor y el diámetro de la cavidad placentaria: 9,2 cm, con rendimientos de 87,32 t ha⁻¹. En la parte aérea podemos observar que el color de la hoja es verde, mientras que el color del peciolo es verde claro. La altura de la floración es 47,3 cm. Es moderadamente tolerante a virus y enfermedades. (Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 2018).

Maradol Amarilla: Variedad de origen cubano, de maduración temprana, de frutos consistentes con peso promedio de alrededor de 1,50 a 2,5 kg. De forma oblonga y pulpa amarilla: Muy productiva y de excelente sabor.

HG / MA: Cultivar cubano obtenido mediante hibridación (en el antiguo CEMSA hoy INIVIT), frutos grandes con peso promedio de 3.7 kg. Pulpa de color amarilla, de forma oblonga, con el extremo agudo. **HG / MR:** Cultivar cubano obtenido mediante hibridación (en el antiguo CEMSA hoy INIVIT), frutos grandes con peso promedio de 3.7 kg. Pulpa de color rojo, de forma oblonga con el extremo agudo. (News Directory World News Headlines, 2022)

Nika III: Cultivar de procedencia de nicaragüense, frutos de forma alargada, algo deformes, su pulpa de color rosado pálido a intenso, algo insípido y muy jugoso. Peso medio de 5.5 kg.

Gigante Guantanamera: esta variedad de porte alto es ideal para la producción con fines industriales. Variedad obtenida por selección en Cuba, de frutos grandes, de forma oblonga, con su extremo agudo, el peso varía de 3 a 4 kg., de cavidad grande, pulpa de color amarillo claro, consistente, de tallo grueso, con una altura que puede sobrepasar los 6 m. (News Directory World News Headlines, 2022).

Romelia: Variedad introducida en Cuba, muy prolífera, de producción temprana, frutos de forma piriforme con su cuello alargado, peso entre 0.70 y 1.50 Kg de pulpa anaranjada, de excelente sabor y textura consistente, la altura puede alcanzar hasta 6 m. (Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 2018).

Mamey: Cultivar obtenido por selección en Cuba, frutos de pulpa roja intensa, de forma Piriforme, peso entre 3 y 5 kg, de tallo color morado y con altura de 5 a 6 m.

CICLO DEL CULTIVO

Dependiendo de las condiciones ambientales y de la calidad de la semilla, las plántulas emergen entre los 15 y 20 días, momento en el cual pueden presentar dos hojas verdaderas. Treinta días después logran una altura de 15 a 20 cm a partir de su base. En esta etapa de desarrollo se ejecuta el trasplante al sitio definitivo. La planta tiene un desarrollo vegetativo que lleva entre tres y cuatro meses, dependiendo de la variedad, posteriormente alcanza su período de madurez e inicia la floración, cinco meses después se empieza a cosechar, alrededor de los diez meses en adelante la producción es continua. (Maricela, 2010).

Para el desarrollo del cultivo es necesario el uso integrado de diferentes fuentes orgánicas, para la nutrición de este cultivo, para obtener como mínimo, rendimientos de 50 toneladas por hectárea sin el uso de fertilización química.

EL CBFERT

El fertilizante ecológico CBFERT es un fertilizante líquido ecológico que puede contribuir a la sustitución de importaciones de fertilizantes químicos tan costosos para nuestro país, a la vez generaría un efecto medioambiental favorable. Este suministra nutrientes asimilables por absorción directa, con el aporte simultáneo de aminoácidos, vitaminas y minerales que optimizan los procesos metabólicos, actuando como un estimulante del crecimiento vegetal, aumentando la resistencia de las plantas a condiciones adversas, fitotoxicidades, plagas o enfermedades, no es tóxico y es útil para el aprovechamiento de los nutrientes del suelo (MINAG, 2020).

Este fertilizante ecológico de producción nacional fue obtenido mediante su enriquecimiento con iones metálicos acomplejados con EDTA y microalgas (*Spirulina platensis*). Los extractos de la microalga (*Spirulina platensis*), presentan un elevado contenido de proteínas, las cuales optimizan procesos metabólicos y catalizan la fotosíntesis en vegetales. Suministrando nutrientes asimilables por absorción directa con el aporte simultáneo de aminoácidos, vitaminas y minerales que optimizan procesos metabólicos, estimulando el crecimiento vegetal, aumentando la resistencia de las plantas a condiciones adversas, plagas y enfermedades (MINAG, 2020).

En aplicaciones realizadas con CBFERT en arroz, se detectó con el CBFERT una disminución del grado de vaneo, principal dificultad que existe actualmente en la cosecha de este cereal, de un 20 % con respecto al BIOPLASMA y de un 27 % con respecto a la fertilización tradicional. (Mayra y col. 2001).

En el cultivo de tomate fertirrigado con CBFERT bajo casa de cultivo a una dosis de 0,1 l/ha, se observó que el producto CBFERT resultó más efectivo en el incremento del número de frutos de mayor calibre, extra y primera categoría (Montero y col. 2008). Según (Centro de Ingeniería e Investigación Químicas, 2020) en su perfil oficial en la red social Facebook, la dosis recomendada es entre 75-90 ml/ 16 l (mochila de fumigación manual), lo que es lo mismo 4.6-5.6 ml/l de agua.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se desarrolló un experimento de campo en el vivero de producción de posturas de la Finca de frutales: Río Janeiro perteneciente a la Cooperativa Mariana Grajales ubicada en el municipio Guantánamo. Entre los meses de julio a agosto del 2022, el cultivo objeto de estudio fue papaya (*Carica papaya L.*), con el empleo de la variedad Maradol roja, debido a las condiciones edafoclimáticas, su potencial de rendimiento y gran adaptabilidad.

El vivero era del tipo con cobertura alta sintética y sombra del 50 %. El sustrato utilizado fue preparado con mezcla de suelo superficial del tipo Pardo Sialítico, subtipo cálcico tssapoyado sobre caliza suave y arenisca, lavado, medianamente profundo (50-75 cm), medianamente humificado, medianamente erosionado, textura arcillosa, topografía ondulada, con pendiente mayor del 16 %. El mismo fue tamizado con una malla de 3,5 mm, el cual se mezcló con materia orgánica (excreta de ganado bovino descompuesta) y arena. Los cuales se mezclaron en una proporción de 1:1 v/v. Se estudiaron las dosis de aplicación de 3, 5 y 7 ml/ l de agua de un biopreparado a base de CBFERT.

TRATAMIENTO PRE-GERMINATIVO

Se emplearon semillas procedentes de la Empresa Provincial de Semillas Guantánamo, las cuales fueron pregerminadas por espacio de 10 días, previamente se colocaron 48 horas en agua, cambiándose la misma cada 12 horas, posteriormente se pusieron en una superficie húmeda por 72 horas exponiendo las mismas al sol por las mañanas. Se usaron tres semillas pregerminadas, el producto CBFERT fue obtenido en la Empresa Gelma Guantánamo.

SIEMBRA Y GERMINACIÓN

La siembra de las semillas pregerminadas se realizó en bolsas de polietileno, de color negro y dimensiones de 20 x 12 cm. El vivero se estableció el 13 de julio, sembrándose de 2 a 3 semillas por bolsas y luego cubriéndolas con una pequeña capa de tierra, acto seguido de esto se ejecutó un riego. A partir de los 7 días de sembradas germinaron.

ATENCIONES CULTURALES

Llenado de bolsa y colocación en el cantero: El sustrato previamente mezclado y tamizado fue envasado en las bolsas de polietileno, colocadas en una carretilla manual y transportada hasta la casa de posturas, donde fueron colocadas por tratamientos con la siguiente disposición: por cada tratamiento 5 hileras de 14 plantas para un total de 70 bolsas por tratamiento.

Siembra: Luego de ser pregerminadas por espacio de 10 días, se distribuyeron de 2 a 3 semillas por bolsas, observándose que la radícula quedara en contacto con el sustrato y luego cubriéndolas con una pequeña capa de sustrato.

Riego: La casa de posturas donde se hizo el experimento posee un sistema de riego localizado. Para efectuar el riego y la frecuencia de este: se consideró que en los meses de julio-agosto (meses de verano) ocurren precipitaciones principalmente en el horario de la tarde, lo que disminuye la necesidad del suministro de agua a una vez al día y en algunos días no se efectuó el riego.

Escalde: Con una frecuencia semanal se extrajeron las plantas arvenses de forma manual, desechándolas en los exteriores de la casa de posturas.

CONDICIONES CLIMÁTICAS

Los datos climáticos promedios, de la Estación Meteorológica de Guantánamo, son los que aparecen en la tabla 1.

Tabla 1. Comportamiento de las variables Climáticas en el periodo de realización de experimento.

Variables	Nº78368
Temperatura máxima °C	32,4
Temperatura mínima °C	23,0
Temperatura actual	23,4
Humedad relativa %	94,0%

Fuente: Datos de la Pesquisa (2025).

DISEÑO EXPERIMENTAL Y DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS.

Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado, con 4 tratamientos para un total 280 plantas, cada tratamiento tuvo 70 plantas y de ellas diez sirvieron como muestras en cada tratamiento.

APLICACIÓN DEL TRATAMIENTO

La aplicación se efectuó con mochila de 16 litros (1 ap.) en la primera semana después de germinada, cuando las plántulas tenían dos o tres hojas. Las mediciones se llevaron a cabo a los 14, 21 y 28 días después de germinadas.

TRATAMIENTOS

1. Control sin aplicación.
2. Aplicación de 3 ml.l⁻¹ (ml de CBFERT / l de agua).
3. Aplicación de 5 ml.l⁻¹ (ml de CBFERT / l de agua).
4. Aplicación de 7 ml.l⁻¹ (ml de CBFERT / l de agua).

VARIABLES ESTUDIADAS

Durante el desarrollo del experimento, a los 14, 21 y 28 días de germinadas se evaluaron las variables:

Altura (cm): Esta variable se comenzó a medir 14 días después de germinadas, y luego cada 7 días, hasta los 28 días que duró la evaluación del experimento, con el auxilio de una regla graduada y una cinta métrica. Las medidas se tomaron desde la base del tallo hasta la altura máxima del dosel de las hojas.

Diámetro basal de las posturas (cm): Se comenzó a medir 14 días después de germinadas, y luego cada 7 días, hasta los 28 días que duró la evaluación del experimento. Se utilizó un pie de rey tomando precaución de medir siempre la misma posición (en este caso en la base del tallo).

Número de hojas (U): Se contaron todas las hojas fotosintéticamente activa que poseía la planta. Se determinó a partir de 14 días y luego cada 7 días, hasta los 28 días.

Área foliar (cm²): Se tomaron medidas longitudinales: largo y ancho máximo de la hoja, ancho de la hoja a un medio, un tercio, un cuarto, un quinto y dos tercios de su largo, ancho máximo de lóbulos y longitud de nervadura de estos, con la finalidad de determinar las medidas altamente relacionadas con el área fotosintética de la hoja. Se construyeron modelos de regresión simple y múltiple, para

luego seleccionar el de mejor ajuste. Se seleccionó un modelo de regresión simple, cuya variable explicativa corresponde a la longitud de la nervadura central del lóbulo izquierdo, contiguo al adyacente lóbulo medio (X). El modelo ajustado resultó ser: $= -303,0742 + 31,2028X$, $R^2 = 0,9335$.

Se utilizó un análisis de varianza de clasificación simple, utilizando el paquete estadístico SPSS vr.21 y en los casos donde se obtuvieron diferencia significativa se procedio a realizar la prueba de comparación de medias según la prueba de Duncan para 5 % de probabilidad de error.

VALORACIÓN ECONÓMICA

Para determinar el costo de producción de las posturas (tabla 4), se tuvo en cuenta todos los gastos incurridos en el proceso productivo:

- **Materiales:** Se incluyeron todos los materiales utilizados para realizar el producto terminado (fertilizante ecológico, sustrato y semillas).
- **Mano de obra:** Gastos en Salario.
- **Precios:** Precio de venta de una postura.

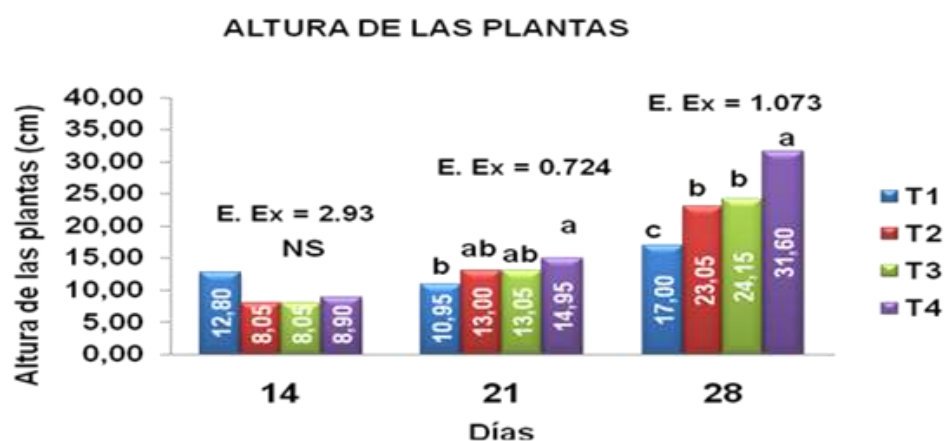
Ganancia: Se determinó mediante la diferencia entre los ingresos obtenidos por concepto de venta de las posturas y los gastos generales durante el experimento; mediante la fórmula siguiente:

Ganancia: Ingresos (I) – Gastos totales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de los tratamientos sobre la altura:

Figura 2. Efectos del fertilizante ecológico CBFERT sobre variable altura de las plantas.



Fuente: datos de la pesquisa (2025).

Al analizar el efecto de los tratamientos sobre la altura de las posturas (Figura #2), se pudo observar que la misma, vario en los distintos momentos evaluados y que los tratamientos con CBFERT, muestran diferencias estadísticamente significativas a un nivel de confianza de un 95,0 %, con el testigo a partir de los 21 días y en los restantes momentos en que se analizó este indicador. A los 21 días no se observa diferencia significativa entre el tratamiento (T4) con respecto a los tratamientos (T2 y T3) pero si difieren con el control (T1); sin embargo, a los 28 días, el tratamiento (T4) con la dosis 7 ml de CBFERT / l de agua superó significativamente al resto de los tratamientos, los cuales no difirieron entre sí, excepto en el control. Como se puede apreciar el tratamiento # 4 con 7 ml, manifestó los mayores valores con diferencia significativa con relación al resto de los tratamientos (T2 y T3), los cuales superan significativamente a los valores alcanzados por el control.

Estos resultados pueden ser explicados a partir de la composición química del CBFERT, ya que es conocido que los microelementos que se encuentran en mayor concentración, el Zn, Fe y el Mg intervienen en la formación de la clorofila y en la morfología de las plantas, también el Mn es esencial para la fotosíntesis formando parte de enzimas responsables de la síntesis de proteínas. Los macroelementos nutritivos como el fósforo y el nitrógeno participan directamente en el desarrollo vegetativo y en la formación de los frutos y, por tanto, en el rendimiento agrícola. Los resultados pueden ser indicativos de que la fertilización resulta efectiva, pues permite lograr un mejor comportamiento de las posturas, expresado en un mayor desarrollo del parámetro morfológico altura.

Este resultado supera lo obtenido por Carvajal (2015) al evaluar el efecto de fertilizante líquido, sobre la altura de las posturas de papaya. Al respecto (Álvarez y col. 2012) informan que plantas de papaya con aplicaciones foliares de biofertilizantes respondieron positivamente, aumentando en gran medida su crecimiento con respecto a las plantas testigos, resultado que coincide con lo de este experimento.

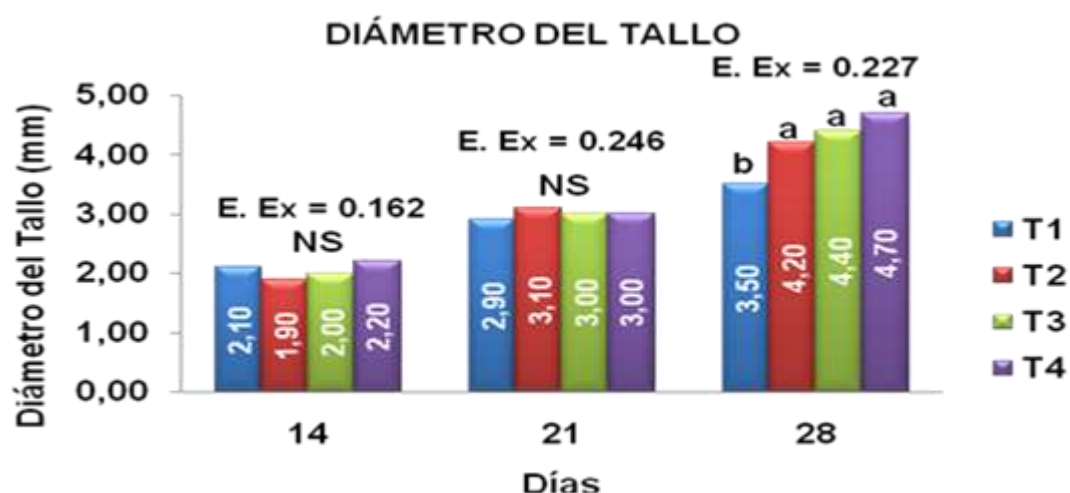
Serbelló y col. (2013). Indican que la altura de las posturas de *Carica papaya* L., se incrementan con la aplicación de biofertilizantes en la fase de vivero. En este sentido, el producto CBFERT resultó efectivo en el incremento de la altura en relación con el control, incrementando significativamente el crecimiento de las posturas en la fase de vivero.

Mena y col. (2018) encontraron que la combinación del bioestimulante FitoMas-E + Bayfolan Forte incremento la tasa de crecimiento en altura del cultivo de girasol con (2,26 cm/d). Se puede observar también que a los 21 días de que emergen el tratamiento T4 alcanza la altura establecida para declarar una postura de papaya lista para el trasplante, por el Ministerio de la Agricultura (2012), lo que evidencia un adelanto de 7 días con relación al testigo.

Ruiz, Carvajal y Espinosa (2016), al evaluar el efecto de biofertilizantes en viveros de papaya y otros frutales en suelos pardo mullidos carbonatados, alcanzaron efectos significativos sobre la altura de las plantas y mayor vigor y desarrollo de las plántulas, reduciendo la fase de vivero entre 10 y 15 días. Resulta importantes destacar que, en todos los tratamientos evaluados, las plantas alcanzaron la altura óptima para el trasplante en un periodo inferior al planteado por el Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical INIFAT (2011) para la papaya que expone que las plantas alcanzan los 12- 20 cm a los 40-50 días, en dependencia de la temperatura ambiental, lo que pudo deberse al efecto combinado de la pregerminación de las semillas y la aplicación del producto biológico. Aspecto que debe tenerse en cuenta en las condiciones de producción para el acortamiento del ciclo en la fase de vivero.

Efecto de los tratamientos sobre el diámetro:

Figura 3. Efectos del fertilizante ecológico CBFERT sobre variable el diámetro de las posturas.



Fuente: datos de la pesquisa (2025).

En el diámetro de las posturas (Figura 3), la respuesta a los tratamientos varió en los distintos momentos evaluados, de forma similar a la altura, a los 14 y 21 días los tratamientos no mostraron diferencia significativa. A los 28 días no difieren entre sí los tratamientos (T2, T3, T4), con un ligero incremento en el T4, pero si difieren en relación con el control. La dosis de 7 ml/l proporcionó una adecuada concentración de nutrientes, estimulando, el desarrollo del tallo.

Estos resultados fueron similares a los alcanzados por Santana y col. (2016) para el diámetro del tallo de papaya al evaluar el efecto de estimulantes químicos y biológicos en la producción de posturas. Por su parte, Peña y col. (2006) expone que para papaya el diámetro de la planta es el responsable de 80

% de la floración y del 50% de la fructificación, por lo que los resultados obtenidos en esta investigación deben tomarse en consideración, dada la incidencia de esta variable en el incremento de los rendimientos agrícolas del cultivo en la plantación a partir de la obtención de posturas de mayor calidad.

La Carica papaya L. es una planta que permanece en crecimiento constante, razón por la cual tiene altos requerimientos nutricionales durante todo su ciclo productivo, poco son los suelos que pueden satisfacer la demanda de nutrientes de esta planta sin aplicaciones de fertilizantes, debido a esto se considera dentro del grupo de cultivos cuya respuesta a la fertilización es excelente. El CBFERT aporta macronutrientes (N, P, K) y micronutrientes (Fe, Cu, Zn, Mn) convirtiéndose en uno de los mejores fertilizantes foliares, logrando abastecer y optimizar la producción de *Carica papaya L.*

Mayra y col. (2001) destacan que un buen abastecimiento de nutrientes se manifiesta en un buen desarrollo del tallo, una relación adecuada entre nitrógeno que fomenta el crecimiento vegetativo con el fósforo y potasio es especialmente importante, este último interviene directamente en el desarrollo del diámetro del tallo.

Los biofertilizantes son capaces de aportar sustancias estimuladoras del crecimiento: auxinas, citoquininas, etileno, giberelinas y ácido abscísico, así como la capacidad de aportar nutrientes orgánicos e inorgánicos, como nitrógeno, fósforo, calcio, cobre, molibdeno, magnesio, zinc, hierro y otros. Estas sustancias intervienen positivamente en la estimulación del cultivo, así como en el aumento del número y masa de los frutos, induciendo de esta manera un incremento de la producción por planta y del rendimiento total.

Sueir y col. (2011) Señalan la capacidad del bioestimulante FitoMas E para estimular los procesos vinculados al crecimiento y desarrollo de las plantas; en el sentido de que dicho efecto pudiera deberse a los mecanismos de acción del FitoMas E, basados en acción bioestimulante, con la presencia de auxinas y aminoácidos cuya función puede incidir tanto en el sistema foliar, como en el mejoramiento de la fertilidad del suelo.

Efecto de los tratamientos sobre el número de hojas por postura:

Con relación al número de hojas por posturas (Figura 4), a los 14 y 21 días de germinadas no se observó diferencia significativa; sin embargo, a los 28 días, los tratamientos T3, T4 y T2 no mostraron diferencia significativa entre sí, superando al control.

Ruiz y col. (2016) Al evaluar el efecto del biofertilizante en papaya y otros cultivos en suelo pardos mullidos carbonatados encontraron que se produjeron efectos significativos sobre el número de hojas activas.

Figura 4. Efecto de los tratamientos sobre el número de hojas por postura.



Fuente: datos de la pesquisa (2025).

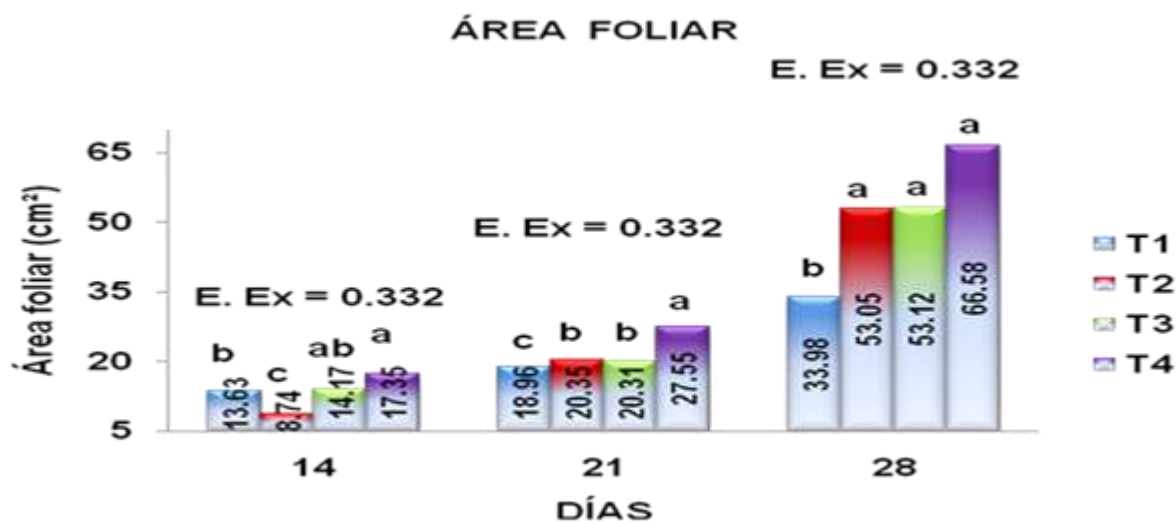
De igual modo Serbelló y col. (2013) Encontraron que con la aplicación del biofertilizante Fitomás E se incrementan el número de hojas. Por su parte, Peña y col. (2006), Señalan que plantas de papaya con mayor área foliar permiten aumentar el área fotosintéticamente con el consiguiente aumento en la acumulación de reservas por la planta y su efecto sobre el desarrollo, lo que explica la importancia del resultado obtenido en este trabajo. Resulta importante destacar que con T4 las plantas alcanzaron valores de altura, número de hojas y diámetro; óptimas para el trasplante en un periodo inferior al planteado por el INIFAT (2011) y el Ministerio de la Agricultura (MINAG), (2012). Aspecto por considerar para el acortamiento del ciclo en la fase de vivero y el logro de una postura con mayor calidad agronómica.

Efecto de los tratamientos sobre el área foliar:

Con relación al área foliar Figura (5) A los 14 días el tratamiento (T4) no mostró diferencia significativa con respecto al tratamiento (T3), pero si difirió con el resto de los tratamientos. A los 21 días no existió diferencia significativa; sin embargo, a los 28 días no hay diferencia significativa entre los tratamientos aplicados, pero sin con relación al testigo.

En pasto también se han registrado resultados positivos, demostrándose un aumento considerable de la biomasa de más de un 60 % con el CBFERT, así como un aumento de la resistencia a las plagas. La figura 5 presenta el efecto de los tratamientos sobre el área foliar.

Figura 5. Efecto de los tratamientos sobre el área foliar.



Fuente: datos de la pesquisa (2025).

Mayra y col. (2001), Sueiro y col. (2011) y Montano (2008) encontraron que el bioestimulante FitoMas E en los cultivos de frijol y pepino respectivamente; a una dosis de 0.2 L/ha se incrementa el área foliar. Ramírez (2009), plantea que debe haber un equilibrio entre altura, diámetro del tallo y su área foliar, para lograr que las posturas se adapten bien al cambio que implica llevarlas al campo. Cuando se logra tal equilibrio, la postura puede soportar el estrés post siembra y adaptarse a las condiciones agrícolas, mejor que otra con mayor área foliar que altura y viceversa. El biofertilizante estimula el desarrollo de diferentes órganos del vegetal mediante la producción de sustancias fisiológicamente activas, incluyendo la mayor adsorción de nutrimentos y agua, que se refleja en un mayor crecimiento, desarrollo y rendimiento agrícola, con el objetivo de obtener cosechas más saludables. La tabla 2 presenta la valoración económica.

Valoración económica

Tabla 2. Valoración económica.

GASTOS	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIOS (\$)	GASTOS TOTALES (\$)
Estiércol vacuno	tn	0.2	30.0	6
CBFERT	L	0,03 L	24	0,72
Semilla	lb.	0.1	1800	180
bolsa polietileno	U	280	2	560

Mano de obra	H	20.0	15	300
Total de Gastos	\$	-	-	1046.72
Costo de producción de 1 postura	\$	280	3.73	-
INGRESOS	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIOS (\$)	INGRESOS TOTALES (\$)
Posturas	U	280	5	1400.00
Ganancia experimento	(\$)	-	-	353.28

Fuente: datos de la pesquisa (2025).

Ganancia: ingresos (i) – gastos totales

Ganancia: 1400- 1046.72

Ganancia: \$ 353.28

Como muestra la tabla 4, los principales gastos de la investigación están referidos a bolsas de polietileno y mano de obra, con un gasto total de, \$ 1046.72 que incluye todos los elementos de gasto y una ganancia de \$ 353.28.

Montero y col. (2008) indican que el costo del fertilizante CBFERT es mayor con relación al Fitomás E, pero que el fertilizante ecológico CBFERT es más efectivo que el Fitomás E respecto al incrementar los rendimientos en variedad de tomate HA 3019 en casa de cultivo protegido. Los resultados demuestran la factibilidad económica de la producción de posturas, a partir de la fertilización con CBFERT, los costos de la materia orgánica por tonelada son bajos y la investigación muestra evidencias de efectos positivos de esta en la calidad de las posturas.

A partir de los resultados anteriores se debe continuar experimentando y evaluando la factibilidad económica de la producción de postura con base en fertilizantes ecológicos, y lograr tecnologías de producción de posturas como una alternativa económicamente sostenible para las condiciones edafoclimáticas de Guantánamo. Los tratamientos alcanzaron los valores indicados por el INIVIT (2008) como óptimos para el trasplante en un período de solo 21 días, 14 días menos de los que se señala en el instructivo técnico, lo que pudo deberse al efecto combinado de la pregerminación de las semillas y la aplicación del producto biológico.

CONCLUSIONES

Las evidencias presentadas confirman que el CBFERT se posiciona como una alternativa estratégica para la producción de posturas de *Carica papaya L.* en Cuba, especialmente ante la escasez y el alto costo de los fertilizantes químicos importados. La dosis de 7 ml/l no solo promovió mayor altura, diámetro y área foliar en las plántulas, sino que también redujo el tiempo necesario para alcanzar el punto de trasplante. Este resultado es de gran relevancia porque acorta el ciclo productivo en vivero, permitiendo mayor eficiencia en el uso de los recursos y optimizando los rendimientos del cultivo. De esta manera, el biofertilizante no solo sustituye insumos externos, sino que contribuye directamente a la soberanía agrícola del país.

Además de los efectos morfológicos positivos, la investigación destacó la importancia del equilibrio fisiológico alcanzado con el CBFERT. El suministro directo de nutrientes y bioestimulantes —como aminoácidos, vitaminas y minerales— fortaleció las plantas frente a condiciones adversas, plagas y enfermedades. Este aspecto resulta particularmente valioso para regiones tropicales como Guantánamo, donde la variabilidad climática y las limitaciones edáficas pueden comprometer la productividad. Por lo tanto, la adopción de biofertilizantes como el CBFERT no se limita a los beneficios inmediatos en el crecimiento, sino que también representa una herramienta de resiliencia agrícola frente a desafíos ambientales.

Finalmente, el estudio evidenció la viabilidad económica del uso del CBFERT, demostrando que, aun con costos iniciales, la rentabilidad es significativa. La combinación de la pregerminación de las semillas con el biofertilizante permitió obtener posturas de mayor calidad y una reducción del ciclo de producción, generando beneficios financieros y técnicos. Así, los resultados refuerzan la necesidad de continuar invirtiendo en tecnologías nacionales de fertilización ecológica, ampliando su aplicación en diferentes cultivos y consolidando sistemas agrícolas más sostenibles, independientes de importaciones y adaptados a las condiciones específicas de Cuba.

REFERENCIAS

SUEIRO, Alejandro G.; RODRÍGUEZ, Miriela P.; DE LA CRUZ, Solande M. El uso de biofertilizantes en el cultivo del frijol: una alternativa para la agricultura sostenible en Sagua la grande. Filial Universitaria Municipal Sagua la Grande, Cuba. 2011.

ÁLVAREZ, M.C.; LÓPEZ, L.; RINCÓN, G.; HERNÁNDEZ, L.V.; QUIÑONES, E. E. Dinámica del crecimiento de plantas de papaya inoculadas con hongos micorrícicos arbusculares y fertilizantes con nitrógeno. Tópicos Edafológicos de Actualidad. Congreso Nacional de Ciencia del Suelo. México.2012

ERDOZIA, Ane Vázquez. El mercado de los fertilizantes en Cuba. Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en La Habana <http://Cuba.oficinascomerciales.es>. Editado por ICEX España Exportación e Inversiones, E. P. E., M. P, Cuba. 2020.

CARVAJAL, R. Evaluación del efecto de los microorganismos eficientes (EM) en la producción de posturas de frutabomba (Carica Papaya L.) en Cienfuegos. Trabajo de Diploma. Cienfuegos: Universidad de Cienfuegos. 2015.

CENTRO DE INGENIERÍA E INVESTIGACIONES QUÍMICAS. Características del producto comercial CBFert [en línea]. [Fecha de consulta 12 de febrero de 2022]. Disponible en la red social Facebook: @Centro de Ingeniería e Investigaciones Químicas. 2022

EDWARD A.E; BALLEEN F. H. Una mirada a la producción, el comercio y el consumo de papaya a nivel mundial. Fecha de primera publicación: 2012.Revisado setiembre 2018. (2018) Disponible en: <http://edis.ifas.ufl.edu>.

GUZMÁN, Fernando G. S.; ORTIZ, Rafaela S.; REYNALDO, J R. Mesa. Efecto de la aplicación de Fitomás-E en la producción de posturas de papayo var. Maradol Roja en Cienfuegos. Cuba. 2013. ISSN on line: 2072-2001.

INIVIT. Instructivo técnico del cultivo de la Fruta Bomba. Biblioteca ACTAF. Segunda edición, 2008.

Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. Instructivo técnico para el cultivo de la papaya. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical (INIFAT). La Habana: II FT. Cuba. 2011.

INCA , Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Reporte de nuevo cultivar “inivit fb-4”, de papaya (Carica papaya L.) para la agricultura cubana. Revista Cultivos Tropicales, vol. 39, no. 4, p. 91, octubre-diciembre. ISSN digital: 1819-4087. Cuba, 2018.Disponible en: <http://ediciones.inca.edu.cu>.

LORENZO, Jorge Luis Mena.; DÍAZ PITA, Andrés Loreto.; HERNÁNDEZ, Alexander Valdés. Efectos de dos biofertilizantes en el desarrollo del girasol. Facultad de Agronomía y Forestal, Universidad de Pinar del Río, Pinar del Río, Cuba. 2018.

MARICELA, Constantino Antonio. Efecto de la biofertilización en el crecimiento y nutrición de plántulas de papaya (Carica papaya L. cv. Maradol). TESIS presentada como requisito parcial para optar al grado de Doctora en Ciencias en Ecología y Desarrollo Sustentable. El Colegio de la Frontera Sur. México. 2010.

MAXIMILIANO, W. C. Tecnología para el desarrollo sostenible de viveros de papaya (Carica papaya L.). (Tesis en opción al Título Académico de Máster en Agricultura Sostenible) Santa Clara, Cuba. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas Facultad de Ciencias Agropecuarias. 2012.

MAYRA, Ilumina, Carmen. Comparación química entre dos fertilizantes ecológicos de origen natural: CBFERT y BIOPLASMA. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias [en línea], 17(3) ,18-21[fecha de consulta 2 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://www.redalcy.org/articulo.oa>.

MONTERO, Lorenzo; DUARTE, Carmen; LEÓN, María; CUN, Reinaldo; RODRÍGUEZ, Bárbara. Fertilización ecológica en el cultivo del tomate en condiciones protegidas. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, vol. 17, núm. 3, 2008, p. 18-21 Universidad Agraria de La Habana Fructuoso Rodríguez Pérez La Habana, Cuba Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93215941005>

News Directory World News Headlines [On line]. [Fecha de consulta 2 de mayo del 2022]. Variedades de papaya, Gigante Guantánamera [on line]. 2022.

PEÑA, B, Maida D.; RODRÍGUEZ -FERNÁNDEZ, R. M.; ALMAGUER-PÉREZ, Nelvis A, RUEDA, Yuri F Peña.; ZAYAS-INFANTE, Sebastián (2018). Gestión Del Conocimiento Sobre Biofertilizantes a Nivel Local: Estudio de Caso Municipio Calixto García, Cuba. Cultivos Tropicales 39 (2), p. 41–50.

RAMÍREZ, M. Alternativas agroecológicas en la producción de posturas de cinco especies forestales en el municipio de Aguada de Pasajeros. Tesis en opción al título académico de Master en Agricultura sostenible. Facultad de Ciencias Agrarias. 2009.

RUIZ, L. A.; CARVAJAL, D.; ESPINOSA, A. Efecto de las micorrizas y otros biofertilizantes en papaya, guayaba y aguacate en suelos ferralíticos rojos y pardos mullidos carbonatados. Agricultura Tropical, 2(2). (2016).

SALUD PLENA. Propiedades medicinales de la papaya. 2022. Disponible en <https://www.saludplena.com/propiedades-medicinales-de-la-papaya/>

SANTANA, Y. y col. Efecto de Trichoderma harzianum Rifai y Fitomás- E como bioestimulantes de la germinación y crecimiento de plántulas de tomate. Centro Agrícola, 43(3), 2016. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-5785201600030001 .

Capítulo 3



10.37423/250910284

LEVANTAMENTO OCUPACIONAL DO ENTORNO DO LIXÃO DAS FLORES NO MUNICÍPIO DE SERRINHA - BA E SUAS IMPLICAÇÕES SOCIOAMBIENTAIS

Gabriely Dias Ângelo Manetta

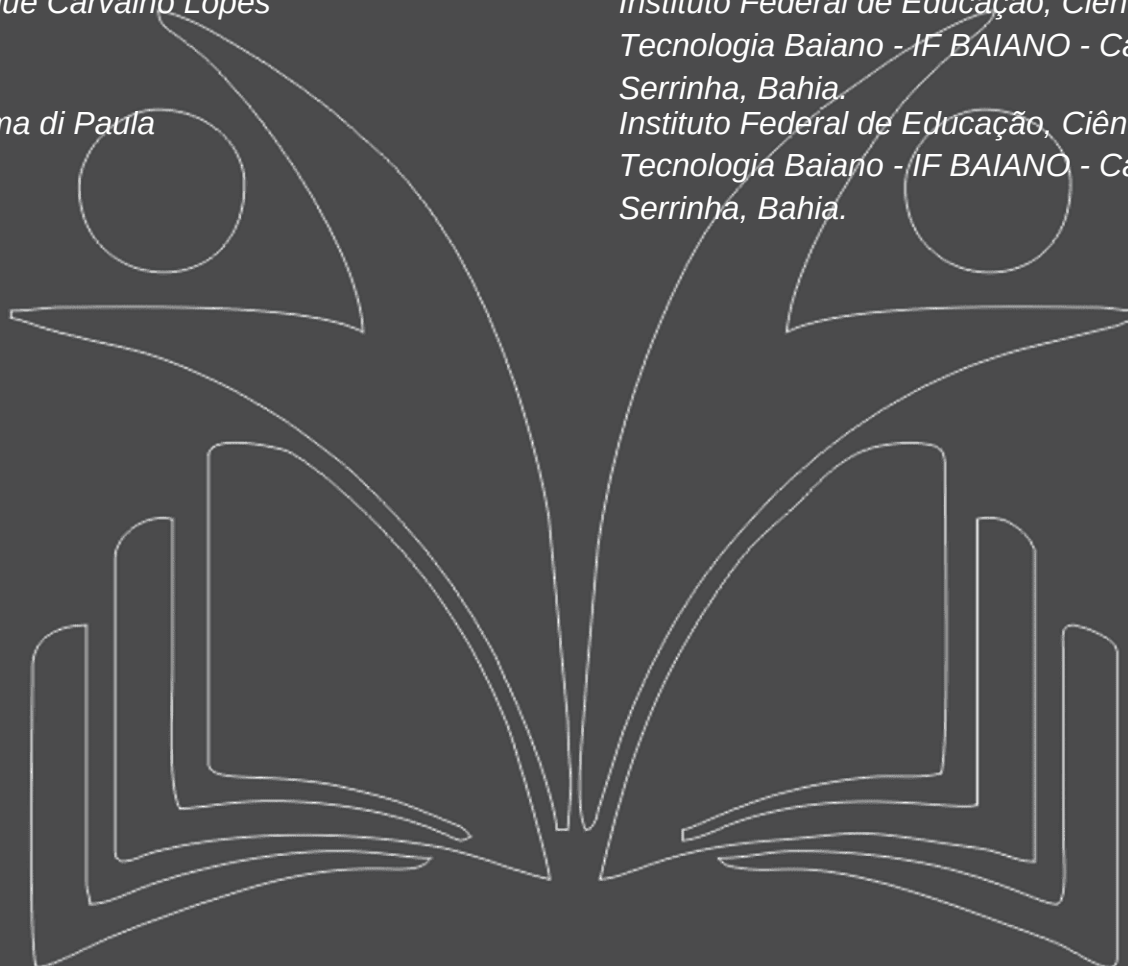
Luís Henrique Carvalho Lopes

Roberta Lima di Paula

*Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia Baiano - IF BAIANO - Campus
Serrinha, Bahia.*

*Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia Baiano - IF BAIANO - Campus
Serrinha, Bahia.*

*Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia Baiano - IF BAIANO - Campus
Serrinha, Bahia.*



Resumo: A prática de depósito de resíduos domésticos em lixões ainda é comum em diversos municípios do Brasil. Um destes municípios é Serrinha, situado no estado da Bahia. Este trabalho teve como objetivo realizar um levantamento ocupacional da área do Lixão das Flores, no Município de Serrinha, bem como caracterizar os impactos socioambientais dessa instalação ao longo dos anos. Diante disso, além de uma visita ao local, foram utilizadas ferramentas de georreferenciamento e softwares para avaliação do crescimento da área do lixão ao longo dos anos. Pôde-se perceber o aumento crescente da área do lixão ao longo dos anos, podendo se inferir que se não tomada as devidas medidas mitigadoras e de recuperação de área, aquela localidade pode desaparecer futuramente, dando lugar a uma área totalmente contaminada e impossível de se habitar.

Palavras-chaves: resíduos sólidos, lixões, impactos socioambientais, georreferenciamento.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento populacional de maneira exponencial aliado ao aumento do consumo tem gerado, em números altos, toneladas de resíduos sólidos por ano, e um dos principais problemas de degradação ambiental ocorre pela destinação inadequada desses resíduos.

A prática de depósito de resíduos domésticos em lixões ainda é comum em diversos municípios do Brasil. No país, cerca de 3.334 dos 5.570 municípios ainda utilizam lixões como destino final dos resíduos produzidos (Organics New Brasil, 2015) e um destes municípios é Serrinha, situado no estado da Bahia.

Tal prática foi caracterizada como crime ambiental desde a publicação da Política Nacional de Resíduos sólidos (2010), quando por meio da Lei 12.305 de 02 de agosto de 2010, determinou aos municípios a obrigatoriedade da destinação adequada aos resíduos sólidos e a eliminação dos lixões em até quatro anos após a sua publicação. Porém, o Senado Federal Brasileiro aprovou o projeto de Lei nº 42 e 2014, que prorrogou os prazos da destinação adequada dos resíduos sólidos para até 31 de julho de 2021, prazo que em muitos municípios não conseguiram cumprir, até os dias atuais (BRASIL, 2010a; 2010b).

Os lixões caracterizam-se por serem locais onde os resíduos sólidos são depositados sobre o solo sem nenhuma fiscalização ou preocupação ambiental, trazendo como consequências para este ambiente, como a contaminação do solo, do ar, das águas superficiais e subterrâneas. Além das consequências citadas, há também a proliferação de vetores de diversas doenças, assim como, a atração de pessoas em condições de vulnerabilidade social, que passam a “catar” o lixo como forma de sobrevivência e muitas vezes, passam a habitar em seus entornos (MONTEIRO *et al.*, 2001).

Diante de tais problemáticas, este trabalho tem por objetivo realizar um levantamento ocupacional da área do Lixão das Flores, no Município de Serrinha, bem como caracterizar os impactos socioambientais advindos da instalação desse depósito de lixo ao longo dos anos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS -

Caracterização da Área de Estudo

O município de Serrinha fica localizado na região Nordeste da Bahia, no Território de Identidade do Sisal, com sede municipal situada em 11º 39' 51" de latitude Sul e 39º 00' 27" de longitude Oeste. O município possui extensão territorial de 808,7 km² e uma população absoluta de 80.435 habitantes (IBGE, 2022). Encontra-se imerso no domínio morfoclimático da caatinga, possuindo duas unidades

geomorfológicas em sua área, sendo estas a Depressão Periférica e a Bacia Sedimentar do Recôncavo-Tucano. Tipo Climático Subúmido a Seco, com pluviosidade anual entre 485,7 e 942,4 mm, temperatura variando entre 23,6º C e 24,9º C. Os tipos de solos predominantes são: Latossolos, Neossolos, Planossolos e Vertissolos (BAHIA, 2011).

O povoado do Alto das Flores, fica localizado na região norte do município de Serrinha, e a principal forma de acesso ao local é através da BR-166 (sentido Teofilândia), por meio da estrada vicinal do Mandacarú. Trata-se de uma comunidade com poucas residências, constituída de catadores de material reciclado, agricultores familiares e pequenos comerciantes. A pequena vila possui uma unidade escolar, a Escola Municipal Cleon Pimentel, com oferta de ensino fundamental e médio, muito próximo ao lixão, onde há também um pequeno parque infantil e um campo de futebol, que já vem tendo as suas margens ocupadas pelos resíduos. O povoado está inserido na microbacia hidrográfica do riacho do Mandacarú, um canal intermitente que faz parte da rede de drenagem do Rio Jacuípe, o que torna o problema do descarte inadequado dos resíduos ainda mais grave, considerando as formações em vale existentes no entorno do povoado.



Figura 01: Povoado Alto das Flores - Serrinha - BA

Fonte: Autores (2023)

3. METODOLOGIA

Para realizar o levantamento dos dados e caracterização deste estudo, foi realizada uma visita na área do lixão do município de Serrinha, localizado no povoado do Alto das Flores. Também recorreu-se a pesquisa bibliográfica, usando como embasamento as consultas dos periódicos relacionados ao

assunto (artigos e monografias publicados na internet e livros, site oficial do município) assim como a legislação municipal, estadual e federal, que contribuiriam para que este artigo fosse estruturado e fundamentado.

A visita na área de estudo foi feita no dia 15 de dezembro de 2023, nessa, foram feitos os diagnósticos locais, identificação das áreas circunvizinhas, assim como o diagnóstico dos impactos ambientais, locais e sociais. Para o levantamento de dados se utilizou do acervo bibliográfico obtido de artigos publicados em periódicos, teses de doutorado, dissertações de mestrado e trabalhos de conclusão de curso publicados na área.

Foi feita uma análise de expansão da área do lixão ao decorrer dos anos. Para tanto, utilizou-se de imagens de satélites de diversos pontos de registro, como as plataformas Sas Planet, Google Earth Pro e EOS Land view. O SAS Planet é um software livre criado pelo SAS Group que permite a visualização e download de imagens de satélite georreferenciadas, essas imagens possuem alta qualidade e resolução que provém de sistemas online, tais quais o Google Earth, Google Maps, Bing, Yahoo Maps, e etc. (RODRIGUES, et. al, 2017). Já a plataforma Land Viewer fornece imagens processadas que é capaz de fornecer dados como, índices de vegetação ou combinações coloridas de bandas satelitais, no Land view é possível realizar o carregamento de até dez imagens gratuitas por dia, essas imagens possuem média resolução, e são registradas pelos satélites Landsat 8, Sentinel 2 e CBERS 4 (URQUIZA, 2021).

Após as seleções das imagens, as mesmas foram analisadas e foram traçadas as poligonais que delimitam a área do lixão. Em seguida foi feita uma ordem cronológica das imagens e suas poligonais, seguida do cálculo de área das mesmas que foi mensurado através da ferramenta de cálculo de área do software Quantum Gis (Qgis). De posse desses dados, os mesmos foram tabulados em formato de planilha no excel e com o uso da ferramenta 'projeção', foi estipulado a média de expansão da área nos próximos 10 anos, se a atividade de descarte irregular continuar na velocidade que tem sido feita desde a instalação do lixão.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na visita realizada na área do lixão (figura 02), foram identificadas áreas de uso da população nas proximidades das áreas de descarte, bem como, algumas residências próximas ou inseridas. Uma área de recreação, pontos de ônibus e até prédios comerciais a menos de cinquenta metros da área do depósito de resíduos.



Figura 02: Área do lixão do povoado Mandacarú

Fonte: Adaptado de GoogleEarth.com (2023)

Realizou-se uma análise das imagens de satélite da área onde foi instalado o lixão do município de Serrinha e pelo sistema Google Earth Pro foi possível obter imagens dos anos de 2010 (figura 03), quando não haviam ainda depósitos de resíduos na área. O lixão foi instalado inicialmente num imóvel rural denominado Fazenda Tamburi, com área de 30,6 hectares.



Figura 03: Imagem aérea da área antes da instalação do lixão (2010)

Fonte: Adaptado de GoogleEarth.com (2023)

As imagens seguintes foram referentes aos anos 2013, 2015, 2017 e 2019, as mesmas mostram uma evolução representativa na área do lixão (figura 04).

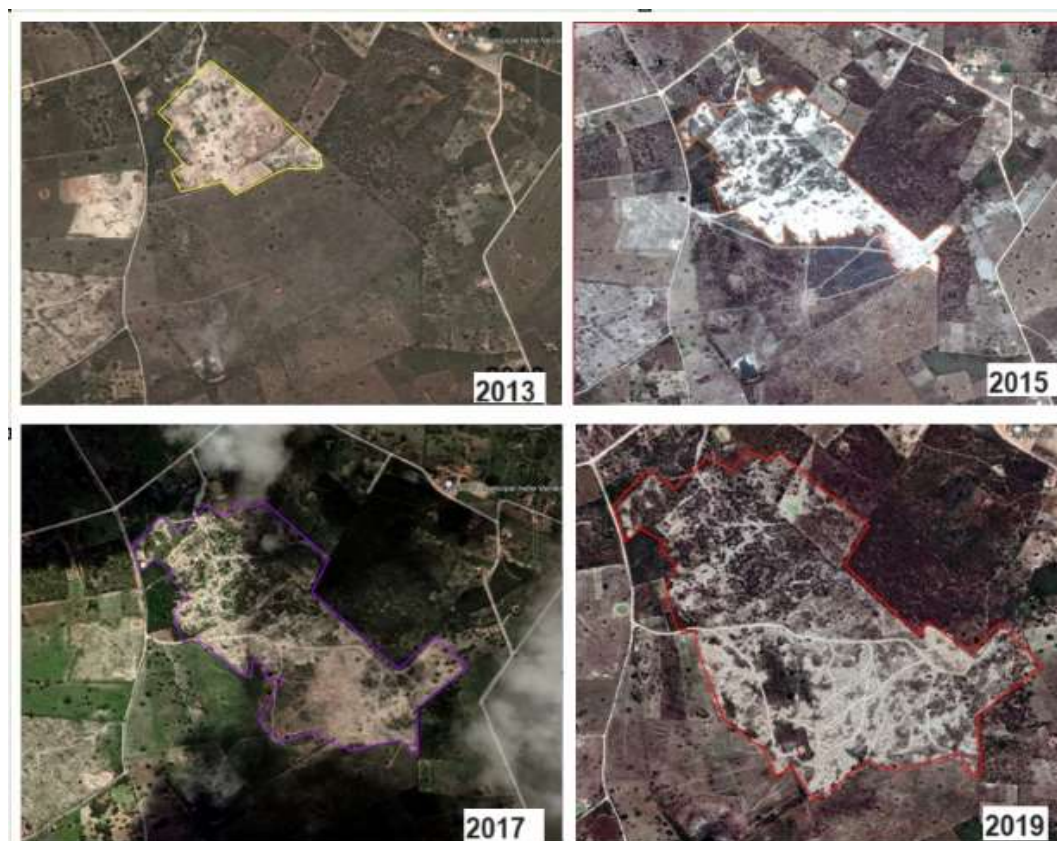


Figura 04: Imagem aérea da área mostrando a expansão da degradação através do tempo

Fonte: Adaptado de GoogleEarth.com (2023)

Ao sobrepor as poligonais pode-se acompanhar o desenvolvimento do lixão no espaço (Figura 05).

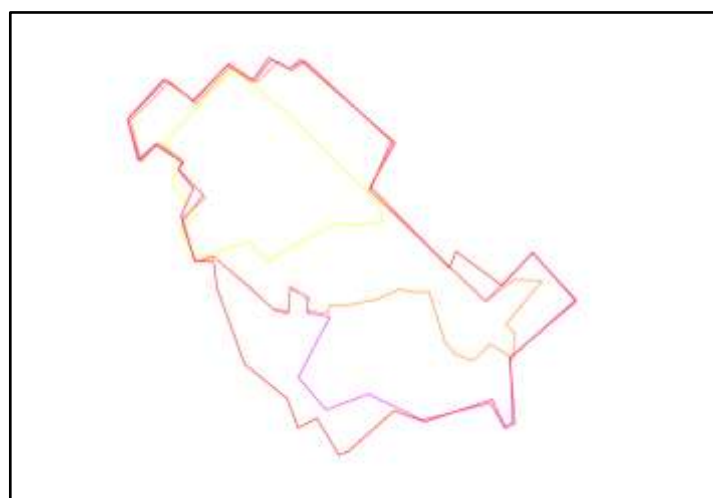


Figura 05: Sobreposição das poligonais mostrando o desenvolvimento do lixão no espaço

Fonte: Os autores (2023)

12/2013 - 63.200 m² (6,32 ha)

12/2015 - 139.847 m² (13,98 ha)

04/2017 - 197.612 m² (19,76 ha)

12/2019 - 231.614 m² (23,16 ha)

Com os dados históricos baseados nas imagens obtidas do Google Earth Pro e análise do tamanho de área das poligonais traçadas no programa Quantum Gis que mostram a expansão da área através do tempo, foi possível criar uma previsão de desenvolvimento dessa área para os próximos dez anos, isso se o lixão continuar expandindo na velocidade que vem expandindo desde 2010. Quando utiliza-se a função previsão, o Excel cria uma planilha anexa contendo uma tabela de valores históricos e previstos, esses valores podem representar gastos, lucros, vendas futuras, requisitos de estoque ou tendências de consumo, número populacional, ou como nesse caso, tamanho de área, além disso, pode-se gerar também um gráfico que representa esses dados.

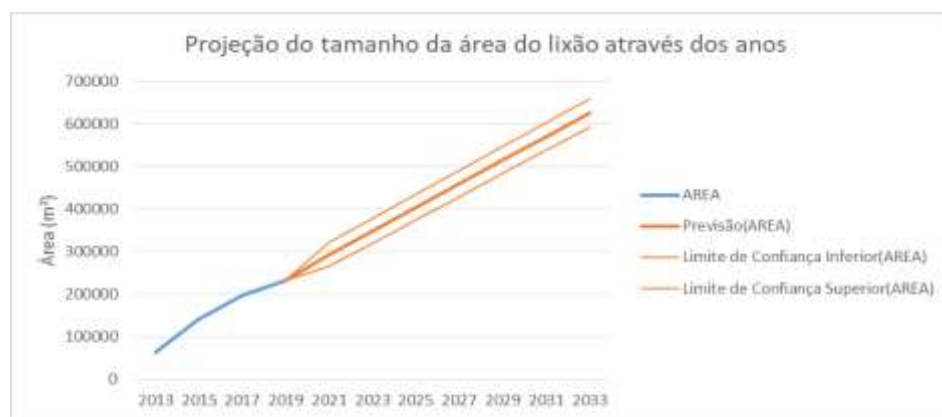
Tabela 01: Projeção do tamanho da área através dos anos

ANO	AREA (m ²)	Previsão(AREA) (m ²)	Limite de Confiança Inferior(AREA) (m ²)	Limite de Confiança Superior(AREA) (m ²)
2013	63.200			
2015	139.847			
2017	197.612			
2019	231.614	231.614	231.614,00	231.614,00
2021		293.173,9779	264.825,40	321.522,56
2023		348.726,9098	319.498,97	377.954,85
2025		404.279,8417	374.191,53	434.368,16
2027		459.832,7736	428.901,45	490.764,10
2029		515.385,7056	483.627,32	547.144,09
2031		570.938,6375	538.367,92	603.509,36
2033		626.491,5694	593.122,14	659.861,00

Fonte: Autores (2023)

A expansão da área do lixão é considerada levando em relação o descarte e aumento da área através do tempo e também pode ser visto no gráfico 1.

Gráfico 01: Projeção do tamanho da área do lixão através dos anos



Fonte: Autores (2023)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O descarte indevido de resíduos sólidos continua sendo uma prática decorrente de diversos municípios, que mesmo diante de uma lei que orienta como deve ocorrer o descarte correto dos resíduos, ainda não adotam ações ambientais que visam a conservação do solo, do ar, das águas e da saúde humana. Pôde-se perceber que o município de Serrinha ainda está aquém das normas vigentes no país quanto ao descarte de resíduos sólidos e que sua população segue, de um lado, sendo afetada pelas doenças veiculadas por vetores presentes no acúmulo de resíduos na área do lixão, de outro sem ações educativas que visem informar e conscientizá-la sobre os impactos socioambientais ocasionados pelos lixões.

Em virtude das imagens apresentadas, pode-se notar o aumento crescente da área destinada a deposição de lixo doméstico ao longo dos anos, podendo se inferir que se não tomada as devidas medidas mitigadoras e de recuperação de área, aquela localidade pode desaparecer futuramente, dando lugar a uma área totalmente contaminada e impossível de se habitar. Este trabalho mostra a importância e a urgência do Poder Público Municipal em adotar medidas concretas em prol da preservação do meio ambiente, tendo como alicerce um amplo processo de educação ambiental, que envolva os diversos segmentos da sociedade civil organizada, e que possibilite a inserção dos catadores de material reciclável no conjunto de ações voltadas ao desenvolvimento local sustentável.

REFERÊNCIAS

BRASIL. (2010a) Lei n.º 12.305, de 2 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília. Disponível em: . Acesso em: 1.º set. 2015.

BRASIL. (2010b) Senado Federal. Congresso. Senado. Constituição. Projeto de Lei n.º 425, de 7 de julho de 2015. Altera a Lei n.º 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília. Disponível em: . Acesso em: 29 abr. 2016.

MONTEIRO et al. Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

ORGANICS NEWS BRASIL.Os Lixões ainda fazem parte da realidade do Brasil 2015.

<https://www.organicsnewsbrasil.com.br/meioambiente/especiallixoes/lixoesaindafazempartedarealidadesobrasil2/>. Revista em discussão 2014a. Acesso em 22/12/2023.

RODRIGUES, H. L. A et all. Identificação de Equipamentos urbanos e comunitários na cidade de Brasília de Minas através do SAS.PLANET. Universidade Estadual Montes Claros – UNIMONTES – MONTES CLAROS - MG, 2017.

SANTOS, Ana Carolina Monteiro dos. Relatório Técnico sobre Microsoft Excel. Trabalho de Conclusão do Curso (Curso Técnico em Informática para Internet) da Etec "Frei Arnaldo Maria de Itaporanga". Votuporanga/SP. 2022.

URQUIZA, Juliano Mott. Aplicação da plataforma Land Viewer para avaliação de área agrícola afetada pela enchente do rio Quaraí. 2022. 34 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) - Universidade Federal do Pampa, Itaqui, 2021.

Capítulo 4



10.37423/250910291

PRODUÇÃO DE CEBOLINHA (ALLIUM SCHOENOPRASUM L.) COM DIFERENTES DOSES DE COMPOSTO ORGÂNICO.

Sheila Belem Pontes

*Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Amazonas*

Wuengredes Vanessa Carvalho Silva

*Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Amazonas*

Maria do Socorro dos Santos Oliveira

*Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Amazonas*

Sheila Barros Cabral de Araújo

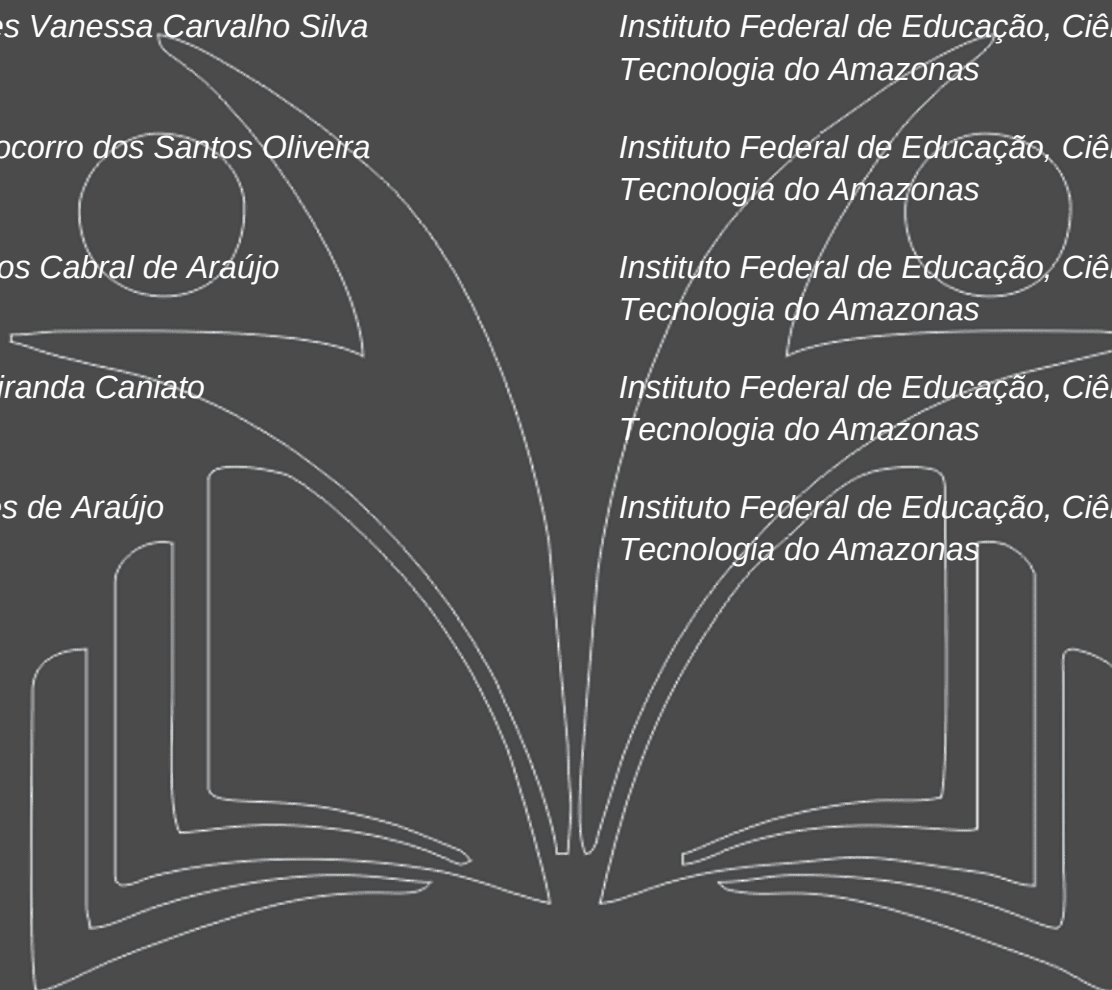
*Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Amazonas*

Matheus Miranda Caniato

*Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Amazonas*

João Soares de Araújo

*Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Amazonas*



Resumo: A Cebolinha (*Allium schoenoprasum* L.) é uma hortaliça bastante utilizada como condimento, presente em quase todas as regiões brasileiras. Para melhor produção, exige-se um solo fértil, enriquecido em matéria orgânica. Neste sentido, este trabalho objetivou a avaliar o efeito de diferentes doses de composto orgânico na produção da cebolinha. O experimento foi conduzido no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM), *campus* Zona Leste, mais precisamente, no Centro de Referência em Agroecologia (CRA). O plantio foi feito em 24 canteiros medindo 0,5 m². Onde utilizou-se como arranjo experimental o delineamento em blocos casualizados (DBC) com 4 blocos e 6 tratamentos. Os tratamentos utilizados foram: 1 kg de composto por 0,5 m² (20t por ha), 1,5kg de composto por 0,5 m² (30t por ha), 2kg por 0,5 m² (40t por ha), 2,5kg por 0,5 m² (50t por ha), 4kg por 0,5 m² (80t por ha) e grupo controle (dosagem zero), as doses foram bem misturadas no solo dos canteiros de forma homogenia. O plantio das mudas de cebolinha foram feitas a partir de perfilhos, irrigação utilizada foi a de microaspersão. Após 67 dias do plantio, foi feita a colheita das plantas, as mesmas foram levadas para biometria, onde avaliou-se o número de folhas (NF), número de perfilho (NP), altura da planta (AP), matéria fresca da parte aérea (MFPA), matéria fresca da raiz (MFR), diâmetro da touceira (DT) e diâmetro do pseudocaule (DP), logo após, as plantas foram levadas para estufa com a temperatura em torno de 65°C por 72h, a fim de analisar a matéria seca da parte aérea (MSPA) e matéria seca da raiz (MSR). Os dados estatísticos foram avaliados com a assistência do programa ASSISTAT vers. 7.7pt(2017). De ante dos resultados, pode – se concluir que o uso de composto orgânico aumentou a produção de acordo com o aumento da dose aplicada. Observou-se aumento linear à medida em que se aumentaram as dosagens em algumas variáveis.

Palavras-chave: Adubação orgânica; Agroecologia; Pequenos agricultores.

1. INTRODUÇÃO

A cebolinha (*Allium schoenoprasum* L.), pertence à família aliacea de origem europeia com características herbáceas, é uma hortaliça que possui folhas finas verde e escuro e cilíndricas, atinge de 30 a 50 cm de altura possuem hastes grossas e semelhante a bulbos ovais, rica em vitamina C, cultivada em todo Brasil (SILVA, *et al.*, 2015).

No estado do Amazonas, a produção de cebolinha é tradicionalmente cultivada na área da várzea, em canteiros suspensos, produzidas por meio de mudas com o emprego de composto orgânico formado por esterco, estrume, palhas, nas quais confeccionadas pelo próprio agricultor. É uma atividade econômica desenvolvida pelos pequenos agricultores do estado, sua comercialização geralmente não é valorizada. Neste sentido, existe a necessidade de qualificação profissional e estudos amplos sobre esse vegetal quanto ao seu consumo visto que é utilizado como condimento junto com coentro para preparo básico de peixes, item bastante consumido na culinária amazonense (KANEKO, 2006).

Após a colheita, verifica-se uma considerável saída de biomassa e nutrientes capazes de deixar o solo menos eficiente para as próximas colheitas. Desse modo, é necessário realizar o aporte externo, ou seja, utilizar o adubo orgânico para a manutenção da produtividade. Segundo Souza (2006), a olericultura apresenta elevada produtividade em curtos períodos de tempo, que consiste em muitas exportações de nutrientes com as colheitas. Por isso, dá-se a importância e enfoque nas adubações de base e cobertura é de fundamental importância.

A compostagem é um processo de aceleração da decomposição de materiais orgânicos fibrosos, que produz no final do processo um adubo de ótima qualidade, o composto orgânico. A palavra composto tem origem no latim *compositu* que significa vários elementos juntos, trata-se de um processo controlado de decomposição microbiana de oxidação oxigenação uma quantidade de húmus no estado sólido e úmido, formado de resíduos de origem vegetal e animal. Neste procedimento, pode-se utilizar de forma amontoada materiais grosseiros: palhas, estrume, restos de alimentos orgânicos e etc... Apresenta, também, uma grande fonte de nutrientes na qual resulta em um conjunto de compostos químicos constituído de substâncias físicas e biológicas, onde ocorre atividade microbiana, gás carbônico, água, calor, através da ciclagem de nutrientes, nesta composição o carbono e nitrogênio são os mais importantes, pois é requerido pelo microrganismo. Nesse sentido, gera melhoria nas qualidades físicas e químicas quando incorporado ao solo e planta de forma sustentável e economicamente viável. Quanto ao processo de oxigenação, pode ser feito de três formas: aeróbia, anaeróbia e mista (FILHO *et al.*, 2007).

O adubo, quanto disposto inadequadamente, pode gerar impactos ao meio ambiente. É importante ter uma dosagem certa na adubação do solo na qual venha obter respostas favoráveis para o plantio (FINATTO et al,2013). O adubo químico ou inorgânico (feito em laboratório) é extraído de minerais em uma mistura de sais em quantidade certa para cada tipo de planta, tendo como principal, o fertilizante nitrogenado, fósforo e potássio (NPK). Contudo, o uso exagerado pode prejudicar a planta e solo, impactando o meio ambiente, ocorrendo a diminuição de oxigênio e interferindo no solo, diminuindo a presença de organismos vivos e na qualidade da plantação (FILHO et al.,2007). Na agricultura orgânica ecológica, busca-se usar recursos naturais de forma racional os recursos disponíveis, transformando resíduos orgânicos e de indústria em adubo (PENTEADO, 2003). Com isso, evitam-se impactos danosos à natureza, garantindo alimentos saudáveis e solo mais fértil e produtivo.

Segundo Finatto et al., (2013), o composto orgânico é viável para produção de cebolinha, por possui vários nutrientes minerais, além de proporcionar respostas positivas para o solo é o cultivo de hortaliças, desde de que siga recomendações técnicas científicas para sua produção, na qual venha trazer aprimoramento para a região, reduzindo custos e evitando adubos químicos.

Porém, na literatura Brasileira ainda são escassas informações sobre a produção agroecológica da cultura de cebolinha, principalmente quantidade de adubos orgânicos por m². Assim, o principal propósito da elaboração desse estudo foi avaliar o efeito de diferentes doses de composto orgânico na produção da cultura de cebolinha (*Allium schoenoprasum* L.) a fim de contribuir para produção de dados, bem como motivar e expandir informações de produção e comercialização de produtos saudável para o ser humano.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Centro de Referência à Agroecologia (CRA) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas localizada na Avenida Cosme Ferreira, na Zona Leste de Manaus – AM. A execução do projeto ocorreu no período de agosto de 2020 a julho de 2021.

No preparo do adubo orgânico, utilizou-se material proveniente de resíduos de origem animal e vegetal. Foram eles: esterco caprino e suíno (fonte de nitrogênio), serragem (fonte de carbono), material verde e folhas secas (fonte de nitrogênio e carbono).

A montagem da pilha foi construída por meio do acréscimo de camadas de 3 a 5cm, e esterco de aproximadamente 30cm de palhada verde e seca. Repetiu-se as camadas na seguinte sequência: 1º serragem, 2º esterco suíno e caprino, 3º palhada verde, 4º palhada seca; acrescentando, às camadas,

água para obter sua melhor distribuição. Todas as camadas foram arrumadas em uma área plana e, posteriormente, coberta por uma lona para proteger das chuvas e da umidade excessiva.

Após a montagem, realizou-se, semanalmente, o reviramento da pilha para proceder ao processo anaeróbico. Depois de 104 dias o composto já estava pronto. A fim de realizar uma análise laboratorial, colheu-se amostras da compostagem e do solo onde se daria o experimento com a Cebolinha.

O local do experimento foi preparado, primeiramente, por meio da capina manual. A área experimental utilizada foi constituída de vinte quatro canteiros, com dimensões de 1m de largura por 50 cm de comprimento (0,5m²).

A aplicação do adubo foi de diferentes dosagens. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados (DBC), com 4 blocos com 6 tratamentos. Os tratamentos utilizados foram: 1 kg de composto por 0,5 m² (20t por ha), 1,5kg de composto por 0,5 m² (30t por ha), 2kg por 0,5 m² (40t por ha), 2,5kg por 0,5 m² (50t por ha), 4kg por 0,5 m² (80t por ha) e composto zero (Tabela 1). Foi misturado composto orgânico no solo de forma homogênea e de acordo com sorteio de parcelas. O plantio das mudas de cebolinha foi feito em canteiros, por separação de perfilhos, sendo 8 mudas para cada canteiro. Em cada bloco foi plantado 48 mudas, totalizando 192 mudas de cebolinha distribuídas para área experimental.

Tabela 1: croqui da área experimental

T4R1	T3R1	T1R1	T3R2	T4R2	T2R2	T5R3	T6R3	T2R3	T1R4	T4R4	T2R4
T2R1	T6R1	T5R1	T5R2	T1R2	T6R2	T3R3	T1R3	T4R3	T5R4	T3R4	T6R4
Bloco 1			Bloco 2			Bloco 3			Bloco 4		

Para a irrigação do plantio, criou-se um sistema de microaspersão para emissão de gotículas de água para os canteiros. Durante a condução do experimento foi construído um cercado para a proteção do plantio e contenção de animais presentes no local. Realizou-se, igualmente, o controle de outras vegetações espontâneas que se desenvolviam livremente no local.

A colheita vegetativa da cebolinha se iniciou, manualmente, após 67 dias do plantio, ou seja, a colheita foi realizada em julho de 2021. Em seguida, cuidadosamente, conduziu-se o material ao laboratório de biologia do IFAM CMZL para lavagem e imediata análise quanto ao número de folhas (NF), número de perfilho (NP), altura da planta (AP), matéria fresca da parte aérea (MFPA), matéria fresca da raiz (MFR), diâmetro da touceira (DT) e diâmetro do pseudocaule (DP). Logo após, as plantas foram levadas para estufa com a temperatura em torno de 65°C por 72h. Por fim, retirou-se o material da estufa a fim de analisar a matéria seca da parte aérea (MSPA) e matéria seca da raiz (MSR). As análises foram realizadas pelo programa estatístico ASSISTAT®, versão 7.7 (SILVA e AZEVEDO, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

No que se refere às características químicas do solo onde implantou-se o experimento, observou-se, a partir da análise química (Quadro 1), que o solo é rico em vários nutrientes, fator esse que mesmo sem adubação poderia promover a produtividade da cebolinha. Nota-se também que o solo é pobre em Alumínio (Al) o que possibilita a absorção de nutrientes já que esse elemento químico cria modificações no sistema radicular das culturas (ECHART *et. al*, 2001).

Quadro 1: Análise Química do Solo do Local do Plantio.

Análise Química				
Variáveis	Unidades	Valor		Classe*
pH - Acidez ativa (CaCl ₂)	-	5,78		Baixa
H+Al - Acidez potencial (SMP)	cmol _c dm ⁻³	1,32		Baixa
Al - Alumínio (KCl)	cmol _c dm ⁻³	0,00		Muito Baixo
Ca - Cálcio (KCl)	cmol _c dm ⁻³	9,50		Muito Bom
Mg - Magnésio (KCl)	cmol _c dm ⁻³	0,80		Médio
K - Potássio (Mehlich-1)	mg dm ⁻³	24,00		Baixo
P - Fósforo (Mehlich-1)	mg dm ⁻³	960,00		-
MO - Matéria orgânica (colorimetria)	dag kg ⁻¹	-		-
SB - Soma de bases	cmol _c dm ⁻³	10,31		Muito Bom
T - Cap. de troca de cátions a pH 7	cmol _c dm ⁻³	11,63		Bom
t - Cap. de troca de cátions efetiva	cmol _c dm ⁻³	10,31		Muito Bom
V - Saturação por bases	%	88,63		Muito Bom
m - Saturação por alumínio	%	0,00		Muito Baixa
S - SO ₄ ²⁻ (Enxofre) (fosfato de cálcio)	mg dm ⁻³	-		-
B - (Boro) (água quente)	mg dm ⁻³	-		-
pHSMP - (tampão SMP)	-	7,10		-
Na - (Sódio)	mg dm ⁻³	24,00		-
CE - (Condutividade elétrica)	dS m ⁻¹	-		-
Prem - Fósforo remanescente	mg kg ⁻¹	-		-

Fonte: UFAM, 2021.

No que tange às características químicas do composto orgânico, verificou-se, a partir da análise da Tabela 2, grande quantidade de Magnésio (Mg), Potássio (K) e Cálcio (Ca), macronutrientes que possuem funções essenciais para o bom crescimento e desenvolvimento das plantas. Esses fatores

podem ter contribuído criar diferenças significativas entre as diferentes doses de composto orgânico aplicadas no cultivo da cebolinha (BAZALAR *et al.*, 2018).

Quadro 2: Análise Química do Composto.

Análise Química				
Variáveis	Unidades	Valor		Classe*
pH - Acidez ativa (CaCl ₂)	—	7,00		Muito Baixa
H+Al - Acidez potencial (SMP)	cmol _c dm ⁻³	1,19		Baixa
Al - Alumínio (KCl)	cmol _c dm ⁻³	0,00		Muito Baixo
Ca - Cálcio (KCl)	cmol _c dm ⁻³	7,70		Muito Bom
Mg - Magnésio (KCl)	cmol _c dm ⁻³	0,50		Muito Bom
K - Potássio (Mehlich-1)	mg dm ⁻³	1310,00		Muito Bom
P - Fósforo (Mehlich-1)	mg dm ⁻³	995,00		—
MO - Matéria orgânica (colorimetria)	dag kg ⁻¹	—		—
SB - Soma de bases	cmol _c dm ⁻³	19,82		Muito Bom
T - Cap. de troca de cátions a pH 7	cmol _c dm ⁻³	21,01		Muito Bom
t - Cap. de troca de cátions efetiva	cmol _c dm ⁻³	19,82		Muito Bom
V - Saturação por bases	%	94,34		Muito Bom
m - Saturação por alumínio	%	0,00		Muito Baixa
S - SO ₄ ²⁻ (Erecofire) (fosfato de cálcio)	mg dm ⁻³	—		—
B - (Boro) (água quente)	mg dm ⁻³	—		—
pHSMP - (tampão SMP)	—	7,20		—
Na - (Sódio)	mg dm ⁻³	520,00		—
CE - (Condutividade elétrica)	dS m ⁻¹	—		—
Prem - Fósforo remanescente	mg kg ⁻¹	—		—

Fonte: UFAM, 2021.

Os gráficos 1, 2, 3 e 4 representam a aplicação das diferentes dosagens de composto orgânico. Como pode ser visto no Tabela 1 da análise de variância, houve efeitos significativos para número de folha (NF) $p < 0.05$, altura da planta (ADP) $p < 0.01$, peso da matéria seca da parte aérea (PSMPA) $p < 0.05$, peso matéria fresca da parte aérea (PMFPA) $p < 0.05$. As outras variáveis como: diâmetro do pseudocaule, diâmetro da touceira, número de perfilho, Matéria fresca da raiz e Matéria seca da raiz, não foram significativos quando submetidos a análise de regressão ($p > 0,05$).

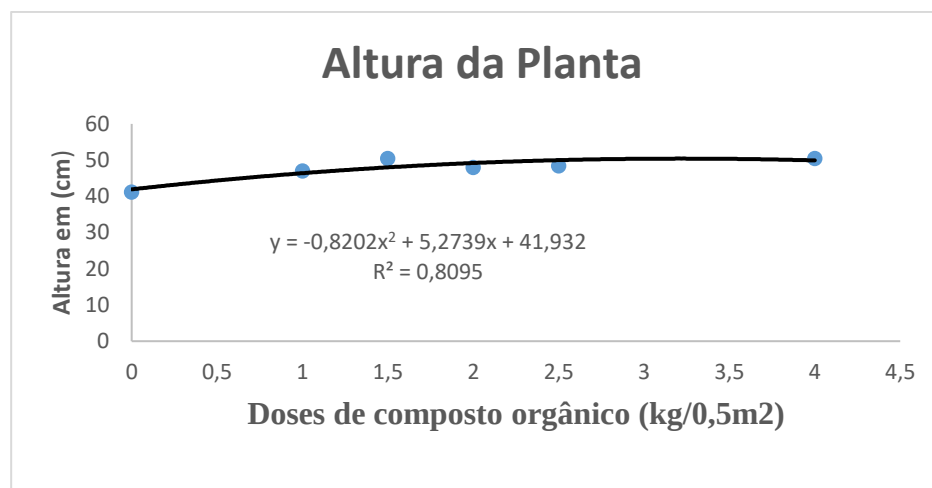
Tabela 1 -. Análise de variância para produtividade de matéria fresca e seca da parte aérea, número de folhas e altura da planta.

QUADRO DE ANÁLISE				
FV	G	F		
	L			
Variáveis	NF	PMFP	PMSP	ADP
		A	A	

Reg.	1	0.0001	0.438	0.884	5.0890
Linear		*	9 ns	2 ns	*
Reg.	1	2.7852	6.161	7.731	10.878
Quadra		ns	3 *	1 *	5 **
Reg.	1	2.5469	2.489	2.095	2.3365
Cúbica		ns	5 ns	4 ns	ns
Reg. 4º	1	0.5215	2.809	2.733	7.4243
grau		ns	0 ns	5 ns	*
Tratamen		1.1769-	2.635	3.629	5.1466
to		-	4 --	6 --	--
Bloco		0.8596	2.662	4.380	8.3980
		ns	5 ns	1 *	**
CV%		23.09	34,20	31,44	9.47

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 = < p < 0,05$).
Números de folhas (NF), peso da matéria verde da parte aérea (PMFPA), peso da matéria seca da parte aérea (PMSPA), altura da planta (ADP).

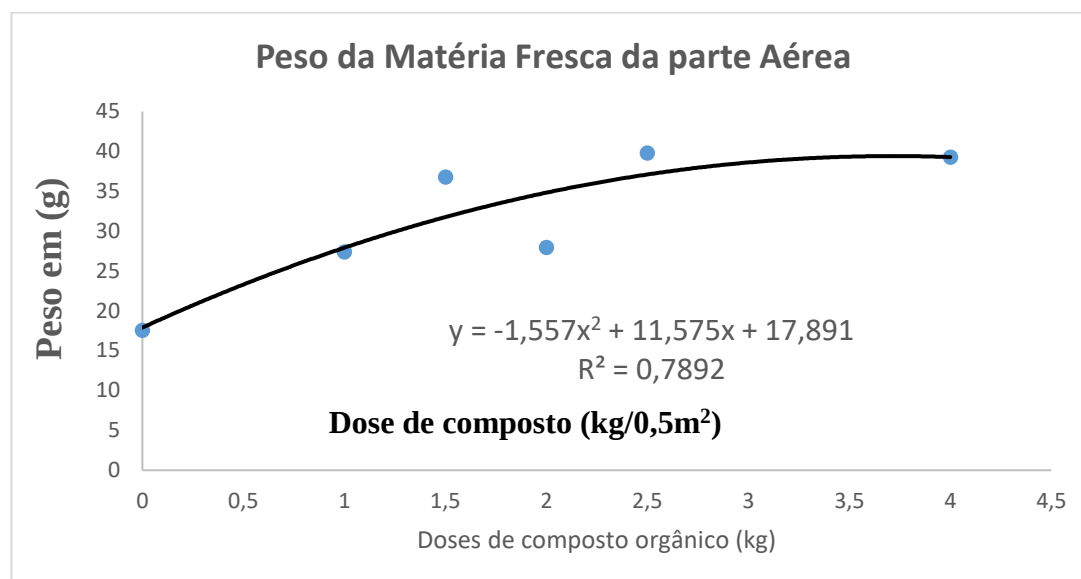
De acordo com o Gráfico 1 Altura da Planta da Cebolinha (DAP), a variável se comportou de forma quadrática ($p < 0,01$). Observa-se na linha horizontal (x) as variáveis da dose do composto orgânico em quilogramas (Kg) por 0,5 m² e na linha vertical (y) os valores compreendem a altura das plantas dispostas em centímetros (cm). Analisando os dados do referido gráfico, verifica-se que a altura da planta obteve o melhor resultado com a dose de 3,21 Kg/0,5 m², neste sentido, extrapolando os valores a melhor dose seria 64,2 t ha⁻¹. O melhor valor estimado para a altura das plantas foi de 50,41 cm. Para corroborar com os resultados obtidos neste experimento, destacamos o trabalho realizado por Nascimento (2015), que ao estudar o “Desempenho Agrônômico do coentro (*Coriandrum sativum* L.) Fertilizado com Doses Crescentes de Composto Orgânico, em Irituia no Pará”, observou melhores resultados em relação à altura da planta de coentro envolvendo a aplicação 60 t há. Ressalte-se, também, o trabalho elaborado por Nickhorn *et al* (2018) em “Adubação com Composto Orgânico de Cama de Ovinos na Cultura da Alface Americana”, no qual concluíram que houve um aumento linear na altura de plantas ($y = 18,119 + 0,3297x$, $R^2 = 0,78$), apresentando alterações na altura conforme diferentes aplicações das dosagens do composto na cultura, isto é, quanto maior a dose do composto aplicado, maior a altura das plantas.

Gráfico 1- Altura da planta de cebolinha submetida em diferentes doses de composto orgânico.

Fonte: PONTES, 2021.

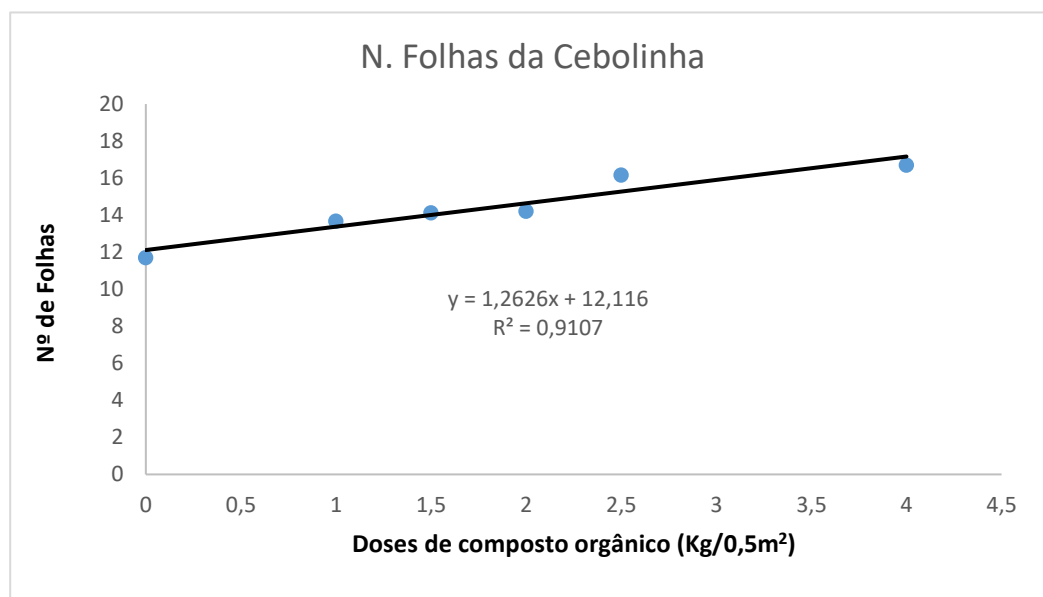
O Gráfico 2 refere-se ao Peso da Matéria Fresca da parte Aérea (PMFA) da Cebolinha, que se comportou de forma quadrática ($p < 0,05$). Na linha horizontal (x), estão dispostos os valores de cada dose do composto orgânico em quilogramas (Kg) por 0,5 m² e na linha vertical (y), os valores da matéria fresca estão dispostos em gramas (g). Os resultados nos mostram que a melhor produção de matéria fresca foi de aproximadamente 39,40g por cada 05 m², o que corresponde a 0,788 t há⁻¹ com dose de composto orgânico equivalente à de 3,71Kg/0,5m². Desta forma, seria recomendado para o cultivo de cebolinha 74,2 t ha⁻¹ ou 7,42 kg por m². Segundo Pinheiro *et al.* (2020) estudou “Produtividade da Cebolinha (*Allium fistulosum* L.) cultivada em diferentes fontes de adubação orgânica” apresentou resultados positivos na massa seca da parte área na utilização de doses de adubação orgânica, produtividade e números de folhas foi o esterco de frango, semelhante aos obtidos com esterco bovino, contribui para que a planta apresente boa produtividade. Outros pesquisadores com o trabalho “Uso de Composto de Resíduos da Indústria Têxtil na Cultura da Alface”, Carvalho (2012) encontrou resultados onde a matéria fresca da parte aérea das plantas de alface aumentou de forma quadrática com as doses de composto e de forma raiz quadrada com o vermicomposto utilizado ($p < 0,05$). O estudo mostrou que a produção máxima de matéria fresca da alface fertilizada com composto foi de 302,9 g por planta na dose 52,1 m³ ha⁻¹, e a dose máxima econômica de composto foi de 27,9 m³ ha⁻¹ que apresentou, nesta dose, massa fresca de 272,6 g por planta (CARVALHO, 2012).

Gráfico 2 – Peso da Matéria fresca da parte aérea das plantas de cebolinhas submetidas à diferentes doses de composto orgânico.



Fonte: PONTES, 2021.

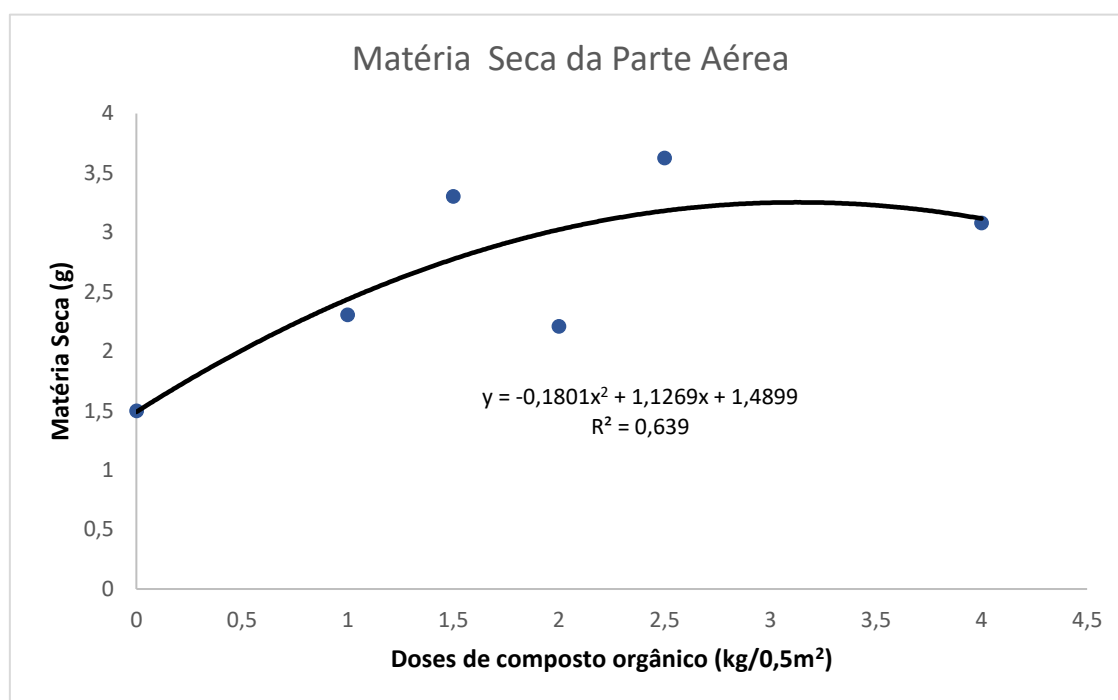
No que se refere ao número de folhas, o gráfico 3 apresenta dados sobre cada aumento da unidade da dose do composto, nota-se que ocorreu um incremento de 1,26 folhas por unidade da dose. O composto utilizado causou efeito bastante significativo no número de folhas de modo que o coeficiente de determinação / variação (R^2) se aproximou em 0,9107. Segundo Ludtkr (2014) no trabalho “Efeito de Fertilizante de Leonardita no Rendimento de Alface e Cebolinha e nas Propriedades Químicas de um Argiloso Vermelho” desenvolvido a adição de substâncias húmicas favoreceu o desenvolvimento das plantas de alface e cebolinha na variável número de folhas. Verifica-se com o trabalho realizado por Moura (2020) em “Eficiência Agronômica de Alface Adubada com Diferentes Compostos orgânicos” que o resultado de número de folhas de alfaces analisadas obteve melhor ajuste com o molde de regressão linear com o acréscimo de 3 folhas independente do composto orgânico utilizado. Nesse sentido, observou-se que a maior aplicação da dosagem do composto orgânico utilizado na cultura de cebolinha resultou em maior incremento do número de folhas.

Gráfico 3: Número de Folhas da cebolinha submetida a diferentes doses de composto orgânico.

Fonte: PONTES, 2021.

O Gráfico 4 retrata os valores referente a Matéria Seca da Parte Aérea. Ao analisar o gráfico, vê-se que a melhor dosagem do composto orgânico foi de 3,19 Kg/0,5 m² o que corresponde a 63,8 t ha⁻¹ aproximadamente para que a Matéria Seca da Parte Aérea atingisse algo em torno de 3,25g com a melhor dose, o que corresponde a 65,00 kg/ha⁻¹. O trabalho produzido por Lanna *et al* (2014) em “Doses de Composto Orgânico na Produção de Chicória”, alcançou um aumento linear da massa da matéria seca na área de baixa fertilidade de 0,70 g por planta para cada 10t há⁻¹ de composto orgânico e na área de alta fertilidade o resultado foi quadrático com máxima massa da matéria seca de 22,26 g ha⁻¹ para a dose de 144 t ha⁻¹ de composto orgânico. A pesquisadora afirmou que a diferença das massas de matéria seca deu-se em razão da área da alta fertilidade possuir quantidades de nutrientes mais elevadas se confrontada com a área de baixa fertilidade (LANNA, 2014).

Gráfico 4: Matéria Seca da planta de cebolinha submetida em diferentes doses de composto orgânico.



Fonte: PONTES, 2021.

CONCLUSÃO

A produção de cebolinha é influenciada quando sob diferentes doses de composto orgânico, segundo dados experimentais obtidos com esse trabalho. O uso de composto orgânico aumentou a produção de acordo com o aumento da dose aplicada. Observou-se aumento linear à medida em que se aumentaram as dosagens.

REFERÊNCIAS

- BAZALAR, Valéria Ferrario; NETO, Antônio Azaredo Coutinho. Fatores que influenciam no Desenvolvimento das Plantas: Água e Macronutrientes. VIII Botânica no Inverno, Org: Aline Possamai Della et al. – São Paulo: Instituto de Biociência da Universidade de São Paulo, Departamento de Botânica, 2018, p. 211-225.
- CARVALHO, Alisson José Eufrásio de. Uso de Composto de Resíduos da Indústria Têxtil na Cultura da Alface. Dissertação: Mestrado em Produção Vegetal. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2012, 48p.
- ECHART, Cinara Lima; CAVALLI-MOLINA, Suzana. Fitotoxicidade do Alumínio: Efeitos, Mecanismo de Tolerância e Seu Controle Genético. Revista Ciência Rural, v. 31, n. 3, Santa Maria, 2001, p. 531-541.
- FILHO, Edimar T. D et al. A Prática da Compostagem no Manejo Sustentável de Solos. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável. Grupo verde de Agricultura Alternativa (GVAA). Revista Verde: Mossoró, v. 2, n. 2, p. 27-36, julho/dezembro de 2007.
- FINATTO, Jordana et al. A Importância da Utilização da Adubação Orgânica na Agricultura. CETEC/UNIVATES. Revista Destaques Acadêmicos, Lajeado, v. 5, n. 4, p. 85-93. 2013.
- KANEKO, Márcia Gonçalves. Produção de Coentro e Cebolinha em Substratos Regionais da Amazônia à Base de Madeira em Decomposição (PAÚ). Dissertação de Mestrado em Ciências Agrárias. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 58p. 2006.
- LANNA, Natália de Brito Lima. Doses de Composto Orgânico na Produção de Chicória e Rabanete. Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2014, 82p.
- LUDTKE, Ana Cristina. Matéria Orgânica e Produção de Alface e Cebolinha em Argissolo Vermelho com Aplicação de Fertilizantes Alternativas. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Porto Alegre, 2014, 101p.
- MOURA, Alisson Queiroz; CORREA, Elida Barbosa; FERNANDES, Josely Dantas; FILHO, Antônio Fernandes Monteiro; BOAVA, Leonardo Pires. Eficiência Agronômica de Alface Adubada com Diferentes Compostos Orgânicos. Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS), v. 10, n. 1, 2020, p. 155-163.
- NASCIMENTO, João Tavares; AGUIAR, Anderson Magno de; SOUZA, Jalyne Eugênia Assunção de; CARVALHO, Raí Ferreira de; FERREIRA, Cícero Paulo. Desempenho Agronômico do Coentro (*Coriandrum sativum* L.) Fertilizado com Doses Crescentes de Composto Orgânico, em Irituia, Pará. XXXV Congresso Brasileiro de Ciências do solo. Natal-RN, 2015.
- NICKHORN, Guilherme; MOREIRA, Carlos Roberto; LAURETH, Jessica Cristina. Adubação com Composto Orgânico de Cama de Ovinos na Cultura da Alface Americana. SEAGRO, 12ª Semana Acadêmica de Agroecologia, 2018, p.91-94
- PENTEADO, Silvio Roberto. Introdução a agricultura orgânica. Viçosa: Aprenda Fácil, 2003.

PINHEIRO, Rodrigo Almeida; CABRAL, Maria Jessica dos Santos; SILVA, Jecilaine Efigenia da; OLIVEIRA, Joao Pedro Silva; SANTOS, Daniel Rocha; BARROS, Rubens Pessoa de. Produtividade da Cebolinha (*Allium fistulosum* L.) Cultivada em Diferentes Fontes de Adubação Orgânica, DIVERSITAS JOURNAL em Santana do Ipanema/ AL. Vol, 5, n.4, p.2551-2559, out/dez.2020.

SILVA, Aline Priscilla Gomes et al. Características Físico-Químicas de Cebolinhas Comum e Europeia. Brazilian Journal of Food Technology. Campinas, v. 18, n. 4, p. 293-298, out./dez. 2015.

Silva, F.A.S. and Azevedo, C.A.V. (2016) The Assistat Software Version 7.7 and Its Use in the Analysis of Experimental Data. African Journal of Agricultural Research, 11, 3733-3740.

SOUZA, J.L; RESENDE, P. Manual de horticultura Orgânica. 2ª Edição. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2006.

SOUZA, Jacimar Luiz. Agroecologia e sistemas Orgânicos de Produção. Idam, AM, julho, 2021.

Capítulo 5

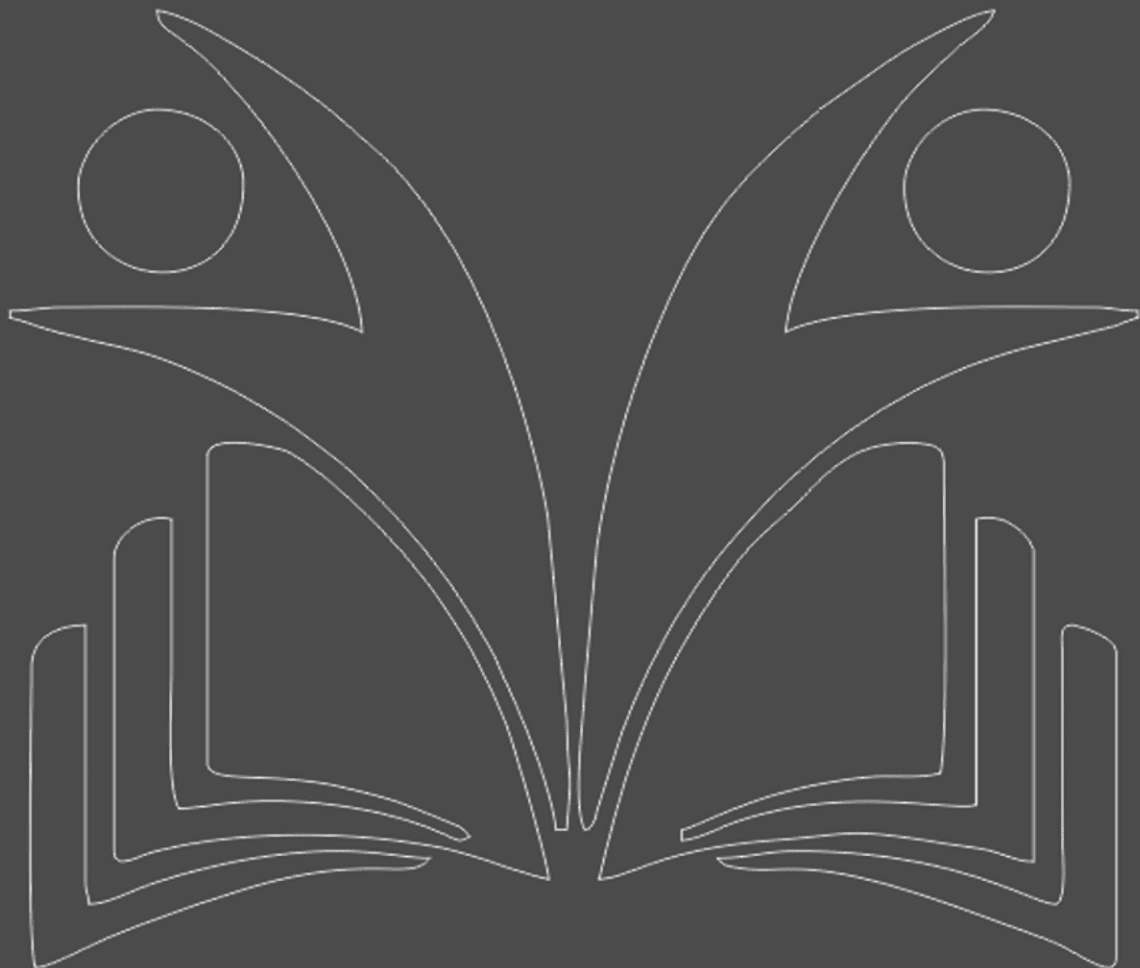


10.37423/250910295

IMPACTOS NA HIDRODINÂMICA NO TRECHO FLUVIOESTUARINO DO RIO PARAGUAÇU, EM CONSEQUÊNCIA DA OPERAÇÃO DA USINA HIDRELÉTRICA DE PEDRA DO CAVALO

Tiago Rosário da Silva

Universidade Estadual de Feira de Santana



Resumo: A preocupação em relação à degradação progressiva dos cursos d'água e dos sistemas ambientais, por meio de barramentos, retiradas da mata ciliar, extração mineral, lançamentos de efluentes etc., têm propiciado drásticas consequências, sobretudo na vida aquática local, forçando-os a se adaptarem às novas condições impostas e muitas vezes conduzindo algumas destas a extinção. Assim, tornam-se consensuais e de caráter urgente à promoção de ações para reverter esse quadro.

Tomando o baixo trecho do rio Paraguaçu, como caso de estudo, constituindo-se numa situação de grande interesse e complexidade, por estar situado muito próximo ao estuário e, conseqüentemente, estar diretamente influenciado pelo comportamento da maré. Esse fenômeno foi intensificado nos últimos anos devido à regularização da vazão causada pela barragem de Pedra do Cavalo, que resultou na redução do aporte de água doce. Dessa forma, o regime hidrodinâmico é controlado por fluxos em dois sentidos contrários: o fluxo da água doce proveniente do rio e o fluxo da maré vindo do oceano. Por essa razão, faz-se necessário o uso de ferramentas computacionais, por meio de modelos hidrodinâmicos, desenvolvendo uma melhor compreensão das relações específicas entre a hidrodinâmica e os processos do sistema. Neste estudo, a combinação dessas forças foi representada pelo Sistema Base de Hidrodinâmica Ambiental (SisBaHiA), que é um sistema de modelação numérica da circulação hidrodinâmica em rios, lagos e estuários.

As vazões simuladas pelo SisBaHiA, considerando as condições hidrológicas de referência características de ano seco e úmido, refletem as condições de diminuição na magnitude das vazões para trechos mais próximos da barragem e perda da variação sazonal da forçante continental à baía de Iguape nos períodos característicos de cheia. Além disso, foi realizada a simulação para a condição de vazão de restrição, onde se verificou que para caudais continentais da magnitude de 1.500,0 m³/s o fluxo processa-se em apenas uma direção, afetando consideravelmente o ambiente fluvioestuarino do rio Paraguaçu.

Palavras chave: Hidrodinâmica, Baía de Iguape, SisBaHiA, Estuários.

LISTA DE SÍMBOLOS E SIGLAS

BTS	Baía de Todos os Santos
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
DHN	Diretoria de Hidrografia e Navegação
EMBASA	Empresa Baiana de Águas e Saneamento
FEMAR	Fundação de Estudos do Mar
INEMA	Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
PCH	Pequena Central Hidroelétrica
SisBAHIA	Sistema Base de Hidrodinâmica Ambiental
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFBA	Universidade Federal da Bahia
UHPC	Usina Hidroelétrica de Pedra do Cavalo
τ_{ij}	Tensões Viscosas
τ_{ij}^T	Tensões Turbulentas Decorrentes do Processo de Filtragem
τ_i^S	Tensão de Atrito na Superfície livre e no fundo
τ_i^F	Tensão de Atrito no Fundo
ε	Amplitude da Rugosidade Equivalente do Fundo
ζ	Elevação do Nível d'água
ρ	Densidade do Efluente
$\Delta\rho$	Diferença entre as Densidades da Água do Mar e do Efluente (g/cm ³)

ρ_{ar}	Massa Específica do Ar (kg/m ³)
φ_i	Ângulo que o Vento Faz com a Direção x_i
Δt	Intervalo de Tempo
a_t	Fator de Transmissão de Radiação Solar Através da Atmosfera
C_a	Fração de Radiação Solar Absorvida pelas Nuvens
C_D	Coeficiente de Arraste do Vento na Superfície Livre
C_h	Coeficiente de Chézy
F_d	Número de Froude Densimétrico
G	Aceleração da Gravidade (m/s ²)
H	Profundidade onde é Feita a Medida da radiação(m)
H	Altura Instantânea da Coluna D'água (m)
H_0	Quantidade de Radiação Incidente no Topo da Atmosfera
H_{sw}	Quantidade de Radiação Solar que incide na Terra
$I_0(t)$	Radiação Solar na Superfície (cal/cm ² h)
K_e	Coeficiente de Extinção da Luz Solar (M ⁻¹)
K_v	Coeficiente de dispersão horizontal da quantidade de movimento
u_i	Velocidade da Corrente na Direção x_i

1. INTRODUÇÃO

As alterações antrópicas no regime hidrológico e hidrodinâmico dos cursos d'água — decorrentes da implantação de barramentos, supressão da vegetação ciliar (associada ao consequente assoreamento fluvial), extração mineral, lançamento de efluentes, entre outros fatores — têm provocado impactos significativos, sobretudo sobre a biota aquática (vegetação ripária, macroinvertebrados e ictiofauna). Tais alterações impõem condições ambientais distintas das naturais, forçando os organismos a processos adaptativos que, em muitos casos, podem culminar na extinção local de espécies. Nesse contexto, a caracterização do regime de vazões, da morfologia fluvial e das relações entre profundidade e velocidade da corrente constitui etapa fundamental para subsidiar, com base em informações quantitativas, a compreensão das funções ecológicas desempenhadas pelo rio.

A intensificação da degradação dos cursos d'água e dos sistemas ambientais tem ampliado a necessidade de ações mitigadoras e preventivas, reconhecidas de forma crescente como prioritárias. Segundo Collischonn (2015), os impactos da implantação de barramentos na área a montante — especialmente a formação de reservatórios — têm sido objeto de análise recorrente na avaliação de viabilidade dessas estruturas hidráulicas. Entretanto, os efeitos a jusante começaram a ser reconhecidos mais recentemente. Os principais impactos relacionados à construção e operação de reservatórios envolvem alterações físicas, químicas e geomorfológicas decorrentes da modificação do regime de vazões, bem como mudanças na produtividade primária dos ecossistemas, afetando a vegetação ripária, a flora submersa e os habitats localizados a jusante (WCD, 2000).

Nesse sentido, a análise do regime hidrodinâmico, considerando tanto suas condições naturais quanto as modificadas, demanda o emprego de ferramentas computacionais baseadas em modelos hidrodinâmicos. Esses modelos permitem inserir os demais componentes ecológicos do sistema aquático em um contexto físico coerente, possibilitando uma compreensão mais integrada das interações entre hidrodinâmica e processos ecológicos.

Conforme Rosman (2025), o uso de modelos — sejam hidrológicos, hidráulicos ou hidrodinâmicos — é imprescindível em estudos, projetos e na gestão de recursos hídricos, tendo em vista a elevada complexidade dos sistemas aquáticos, tais como rios, lagos, reservatórios, estuários e zonas costeiras. Os modelos atuam como ferramentas integradoras, fornecendo uma visão dinâmica e sistêmica dos processos, sem a qual seria inviável compreender adequadamente esses ambientes. Tucci (2020) ressalta que modelos constituem representações matemáticas de sistemas físicos, traduzidas em equações implementadas computacionalmente, cujo objetivo é simular seu comportamento em

diferentes cenários. Assim, quanto maior a complexidade do sistema, maior é a necessidade do uso de modelos robustos.

Nesse contexto, o presente projeto de pesquisa propõe a análise das alterações hidrodinâmicas decorrentes da operação da Usina Hidrelétrica de Pedra do Cavalo, mediante a aplicação de um modelo hidrodinâmico. O estudo busca comparar o comportamento hidrodinâmico do corpo hídrico em diferentes cenários de vazões fluviais, incorporando o conceito de vazão ambiental como parâmetro essencial para a avaliação das condições a jusante do barramento.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar o impacto ocasionado pelas alterações hidrodinâmicas no trecho fluvioestuarino do rio Paraguaçu, em consequência da operação da Usina Hidrelétrica de Pedra do Cavalo.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

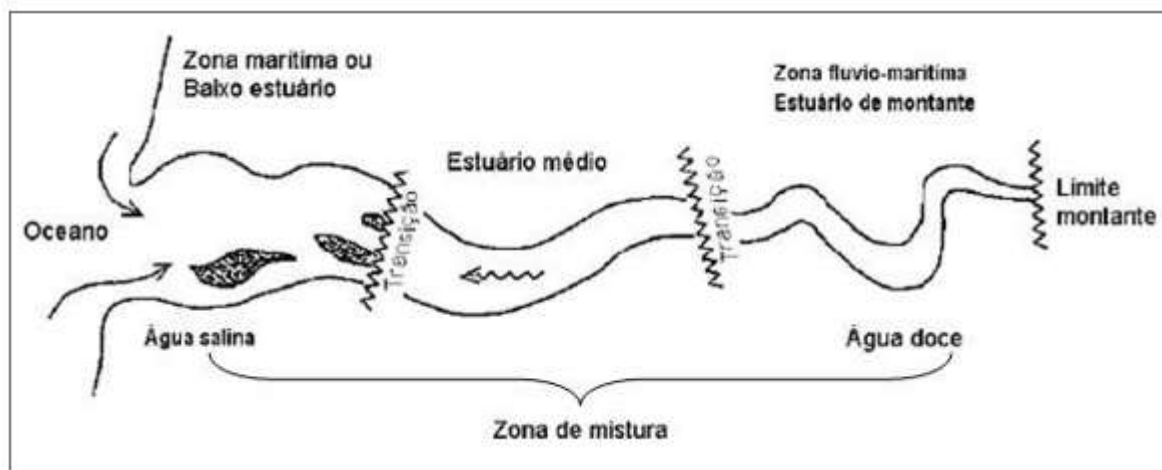
- Caracterizar a dinâmica fluvial associada à variação das marés;
- Identificar as condições hidrológicas de referência;
- Identificar as possíveis alterações hidrodinâmicas de cursos d'água em trechos fluvioestuarinos, devido à operação de barragens;
- Avaliar as alterações hidrodinâmicas do rio Paraguaçu.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. VAZÃO AMBIENTAL PARA ESTUÁRIOS

De uma forma geral pode-se dizer que um estuário é uma reentrância do mar que atinge o vale de um rio até o limite de influência da maré, onde ocorrem misturas de processos fluviais e marinhos. A Figura 1 apresenta os três principais setores de um estuário, que são: o baixo estuário, o estuário médio e o estuário de montante. (FAIRBRIDGE, 1980 apud SILVA, 2000).

Figura 1: Representação esquemática de um estuário e dos seus setores



Fonte: Adaptado de SILVA (2000).

No baixo estuário ou zona marítima tem-se como principal característica a alta salinidade, embora possa ter variações devidas a diferentes vazões oriundas da drenagem continental. O estuário médio é onde ocorre a transição entre a água proveniente do continente e a do oceano. Já o estuário de montante ou zona fluvio-marítima é predominado pela água doce e está substancialmente influenciado pelas afluências de montante. Os limites entre essas zonas não são bem definidos, podendo variar consideravelmente ao longo dos dias e dos meses, a depender das variações de caudais e dos tipos de marés (SILVA, 2000).

Em todo o mundo os rios têm sido explorados sob a visão de que a quantidade de água que vai para o mar é desperdiçada (O'KEEFFE e QUESNE, 2008), fomentando as intervenções antrópicas, que fragmentam e modificam o fluxo natural dos rios. A principal consequência deste comportamento é a perda da função básica dos rios de transportar água, nutrientes e sedimentos, para os trechos de jusante, afetando ainda as áreas úmidas, os deltas estuarinos, as comunidades costeiras, vegetação, dentre outros.

Assim, a implantação de um barramento no limite de montante, apresentado na Figura 1, altera consideravelmente o regime das vazões continentais e o aporte de água doce ao estuário, ocasionando profundas modificações na circulação e nas condições físico-químicas dos estuários. A principal consequência da redução dessas vazões é uma maior extensão da intrusão salina, aumento do tempo de resiliência do estuário, redução da carga orgânica de sedimentos e de material dissolvido (ALBER, 2002; REDDERING, 1988; SKLAR E BROWDER, 1998 apud GENZ, 2008). Por outro lado, o grande aporte de água doce aos estuários pode causar estratificação da coluna d'água, descolamento da zona

estuarina em direção ao mar, domínio da circulação gravitacional na circulação residual e maior aporte de nutrientes (GENZ, 2008).

Neste contexto, a relação entre vazões defluentes de barragens e as relativas consequências ecológicas e sociais é o objeto dos estudos de avaliação do regime de vazão ambiental.

A determinação de um regime de vazão ambiental consiste, portanto, na definição do fluxo hídrico, em termos de quantidade de água e características temporais, que deve ser mantida no rio para que se atinja um estado ambiental desejado, capaz de manter condições saudáveis para os ecossistemas fluviais e para as pessoas que dependem deles (KING et al., 2008).

Neste sentido, para avaliação da vazão ambiental foram desenvolvidos vários métodos, baseados na modelagem e no tratamento apurado de dados e na opinião de pesquisadores e ambientalistas. De uma maneira geral os métodos desenvolvidos para a determinação da vazão ambiental de um rio podem ser agrupados em quatro categorias: (1) os que são baseados em registros hidrológicos; (2) os que são baseados em parâmetros hidráulicos; (3) os que são baseados na relação de habitat e (4) os métodos holísticos.

Os métodos baseados em registros hidrológicos são mais simples, baratos, rápidos e originais, pois se aponham na modelação de dados fluviométricos, fazendo recomendações a respeito da vazão ecológica. Neste método, geralmente, é fixado um índice proporcional à vazão de referência para representar a vazão ambiental. Um dos mais conhecidos é o método Q7,10, que se baseia em vazões mínimas observadas em sete dias consecutivos com um período de retorno de 10 anos, e o método baseado na curva de permanência Q90 – vazões que possuem 90 % de chance de ser igualada ou superada. Um aspecto importante destes métodos é que eles possuem respostas pouco confiáveis, pois não apresentam referência ecológica e não é aconselhável que seja feita uma extrapolação para regiões diferentes (O'KEEFFEE e QUESNE, 2008).

Os métodos baseados em parâmetros hidráulicos são baratos, simples de serem aplicados e flexíveis. Neste método analisa-se o impacto que as mudanças nas vazões acarretam nos parâmetros hidráulicos – profundidade, velocidade, perímetro molhado e área molhada, para uma determinada seção ou seções transversais. As principais desvantagens destes métodos é que eles fazem suposições simplistas, quando se adota a extrapolação de uma única seção transversal (O'KEEFFEE e QUESNE, 2008).

Os métodos baseados na relação do habitat assemelham-se aos métodos baseados em parâmetros hidráulicos, pois se fundamentam na relação entre habitat e vazão, ajustando as características hidráulicas de uma ou múltiplas seções de um determinado rio com a priorização de certo habitat. As desvantagens de utilizar este método reside no fato dele requerer alta disponibilidade de tempo, recurso e por demandar uma programação computacional complexa (O'KEEFFEE e QUESNE, 2008).

Por fim, os métodos holísticos são os que assumem a ocorrência da manutenção do regime natural do corpo d'água. O patamar de manutenção deste regime é estabelecido por meio da análise de aspectos econômicos, sociais e ambientais. Dessa forma, torna-se necessário uma equipe multidisciplinar de especialistas. Assim, para a aplicação desta metodologia precisa-se de elevada disponibilidade de recurso e a admissão da subjetividade, podendo levar a resultados difusos (O'KEEFFEE e QUESNE, 2008).

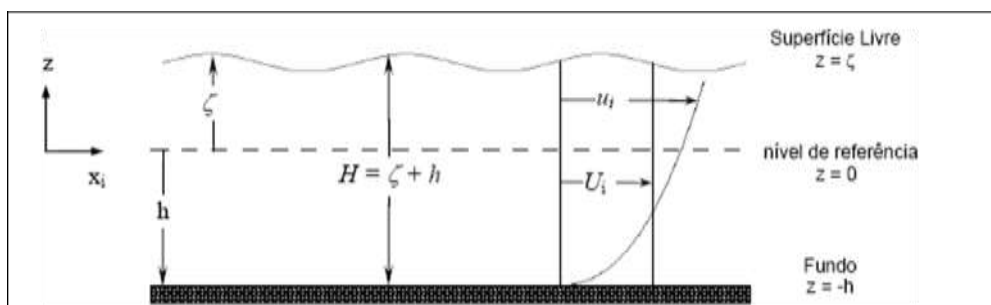
3.2. DESCRIÇÃO DA HIDRODINÂMICA DOS COPOS D'ÁGUA NATURAIS

Nos corpos d'água naturais e principalmente nos estuários as partículas da massa d'água não se movimentam ao longo de trajetórias bem definidas, ou seja, elas descrevem trajetórias irregulares, com movimento aleatório. Esse comportamento irregular deve-se ao fato do escoamento processar-se em regime turbulento, sendo este normalmente associado aos altos valores de Reynolds. Na mecânica dos fluidos, o movimento dessas partículas, numa dada região, pode ser descrito de três formas: através das formulações Lagrangeana, Euleriana ou Lagrangeana-Euleriana Arbitrária. A Lagrangeana é caracterizada por definir inicialmente uma região material formada por um conjunto de partículas do fluido, comumente denominada de volume Lagrangeano. Ao passo que as partículas existentes no escoamento se movimentam, a região vai se deformando sem que o fluxo de massa atravesse as faces do volume de controle Lagrangeano. Assim, as grandezas do escoamento dependem do tempo e da posição da partícula do fluido (BARBOSA, 2007). Por outro lado, a formulação Euleriana, tem como princípio fundamental a definição de uma região fixa no espaço, que não se deforma com o tempo. Neste caso, diferentemente da formulação Lagrangeana, o fluxo de massa atravessa as faces do volume de controle, e as equações para o escoamento são determinadas a partir do balanço do fluxo desse volume (BARBOSA, 2007). A terceira formulação, a Lagrangeana- Euleriana Arbitrária (ou ALE, isto é, Arbitrary Lagrangian-Eulerian), apresenta-se como uma forma mais abrangente de descrição do movimento de um fluido, pois as equações são desenvolvidas em um referencial se movendo no espaço com velocidade arbitrária. Sendo que quando este referencial se move com a mesma velocidade do fluido, obtém-se a descrição Lagrangeana, e quando o referencial está parado,

obtém-se a descrição Euleriana. Essa descrição é bastante utilizada para o caso de métodos com malhas dinâmicas, onde as equações são escritas no referencial da malha que se move com velocidade arbitrária (SIMEONI, 2005).

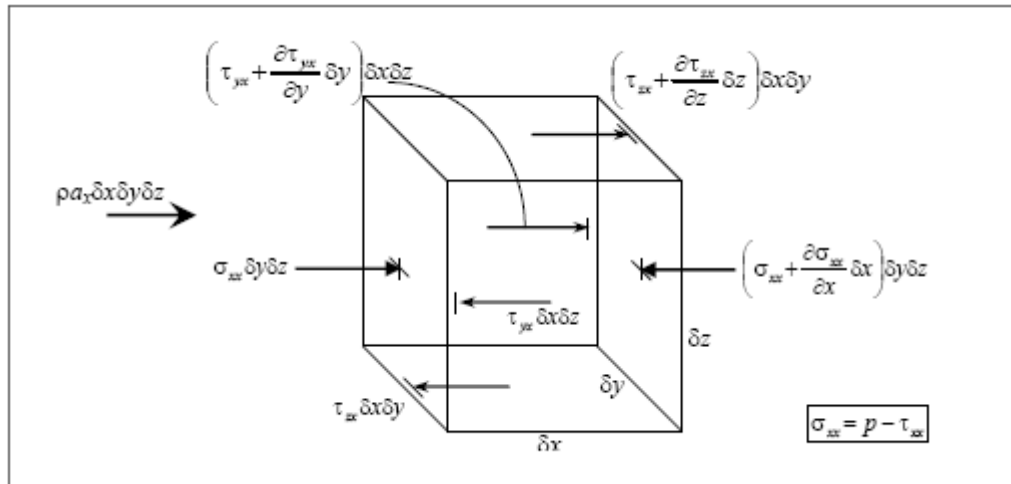
Os conceitos básicos da mecânica dos fluidos, agrupados nas equações propostas por Navier-Stokes, baseiam-se no princípio da conservação da quantidade de movimento - segunda lei de Newton, na equação da continuidade - princípio da conservação da massa e na conservação de energia – 1a lei da termodinâmica, compondo dessa forma o modelo matemático fundamental para qualquer corpo de água. Assim, considerando um sistema de coordenadas cartesianas e um volume de controle infinitesimal no fluido de dimensões $\delta x \delta y \delta z$, denotando a velocidade na direção de x por u , na direção de y por v , na direção de z por w , a aceleração da gravidade local por g , a elevação da superfície livre por ζ , a densidade constante de referência por ρ , as componentes do tensor de tensões turbulentas por τ_{ij} , a velocidade angular de rotação da Terra no sistema de coordenadas local por Φ e o ângulo de latitude local por θ , conforme ilustram a Figura 2 e Figura 3, chega-se às equações I e II que representam as equações da quantidade de movimento nas direções x , y e z :

Figura 2: Sistema de coordenadas do sistema de modelagem



Fonte: ROSMAN, 2025.

Figura 3: Esquema de forças atuantes na direção x



Fonte: ROSMAN, 2025.

O produto das tensões pela área no plano de contato representa as forças de contato ou de superfície. As forças de corpo ou de campo são representadas por $\rho a_x \delta x \delta y \delta z$, onde a aceleração a_x , na equação da quantidade de movimento na direção x, é a aceleração de Coriolis dada por $2\Phi \sin \theta v$. Os diferentes tipos de seta mostram os vários tipos de forças. As forças atuantes nas direções y e z são semelhantes. Dessa forma, pode-se dizer que o princípio básico da conservação da quantidade de movimento, consiste no balanceamento das forças atuantes no volume de controle, do qual resultam as equações da quantidade de movimento, conforme é descrito pelas equações I e II (ROSMAN, 2025).

Equação da quantidade de movimento, com aproximação hidrostática, na direção x:

$$\underbrace{\frac{\partial u}{\partial t}}_{(1)} + \underbrace{u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z}}_{(2)} = \underbrace{-g \frac{\partial \zeta}{\partial x}}_{(3)} - \underbrace{\frac{1}{\rho_0} g \int_z^{\zeta} \frac{\partial \rho}{\partial x} dz}_{(4)} + \underbrace{\frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} \right)}_{(5)} + \underbrace{2\Phi \sin \theta v}_{(6)} \quad (I)$$

Equação da quantidade de movimento, com aproximação hidrostática, na direção y:

$$\underbrace{\frac{\partial v}{\partial t}}_{(1)} + \underbrace{u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z}}_{(2)} = \underbrace{-g \frac{\partial \zeta}{\partial y}}_{(3)} - \underbrace{\frac{1}{\rho_0} g \int_z^{\zeta} \frac{\partial \rho}{\partial y} dz}_{(4)} + \underbrace{\frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial \tau_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} \right)}_{(5)} - \underbrace{2\Phi \sin \theta u}_{(6)} \quad (II)$$

- [1] Representa a aceleração local do escoamento. Em escoamentos permanentes, esse termo é igual a zero.
- [2] Representa a aceleração advectiva do escoamento. Em escoamentos uniformes, esses termos são iguais a zero.

- [3] Representa a variação da pressão hidrostática na direção x, y (gradiente de pressão), devido à declividade da superfície livre na direção considerada. Conforme indicado pelo sinal negativo, este termo força escoamentos de lugares onde o nível de água é mais alto para lugares onde o nível de água é mais baixo.
- [4] Representa a variação da pressão hidrostática na direção x, y (gradiente de pressão), devido às diferenças de densidade. Conforme indicado pelo sinal negativo, este termo força escoamento de lugares onde a água é mais densa para lugares onde a água é menos densa.
- [5] Representa a resultante das tensões turbulentas dinâmicas no escoamento (balanço de fluxos difusivos). Entre outras coisas, é através desses termos que o escoamento sente o atrito do fundo e a ação do vento sobre a superfície livre gerando os perfis de velocidade.
- [6] Representa a aceleração de Coriolis decorrente de o referencial estar se movendo com a rotação da Terra. Esse termo é irrisório próximo ao equador.

Um aspecto importante, a ser observado, é que as equações matemáticas que representam o movimento turbulento dos fluidos, desenvolvidas por Navier- Stokes, não podem ser resolvidas por métodos analíticos, sendo necessária a utilização de métodos numéricos, pois os métodos analíticos têm a desvantagem de serem aplicáveis apenas em problemas mais simples, desviando-se consideravelmente do fenômeno físico real. A principal simplificação refere-se à incompressibilidade do fluido a qual é aplicável a líquidos assim como também aplicável no estudo de gases. Além disso, no caso de fluidos notavelmente viscosos e de movimento muito lento, os efeitos da inércia podem ser considerados desprezíveis. Por outro lado, em fluidos muito pouco viscosos, pode-se desprezar a viscosidade, e tratá-los como fluidos não viscosos ou “perfeitos” (TANNEHILL et al., 1997). Outro aspecto importante é a turbulência do fluido, pois, segundo NOVAIS-BARBOSA (1985) se o movimento é turbulento, as equações de Navier-Stokes, embora consideradas válidas para os valores instantâneos das grandezas, não podem ser utilizadas na prática, mas sim às respectivas equações médias, designadas por equações de Reynolds. Na tentativa de ultrapassar estas limitações recorre-se ao princípio desenvolvido por BOUSSINESQ, isto é, ao conceito de viscosidade turbulenta, o qual assume que a tensão tangencial turbulenta é proporcional ao gradiente da velocidade média, de uma forma semelhante à tensão viscosa num escoamento laminar.

3.3. MODELOS HIDRODINÂMICOS

Os modelos matemáticos sejam eles físicos, numéricos, analíticos ou analógicos, juntamente com os programas computacionais, têm sido cada vez mais utilizados como agentes facilitadores no suporte à tomada de decisão no âmbito da gestão e uso dos recursos hídricos.

Os modelos hidrodinâmicos, capazes de solucionar as equações de Navier- Stokes, podem ser ordenados em uma, duas ou três dimensões espaciais.

Dessa forma, segundo ROSMAN (2025), os modelos hidrodinâmicos aplicáveis a sistemas estuarinos e águas rasas podem ser classificados da seguinte forma:

- Modelo unidimensional (1D): este modelo é aplicável a corpos d'água longitudinais com seção transversal homogênea, como canais. Considerando o eixo x como longitudinal, têm-se somente as dimensões (x,t) .
- Modelos bidimensionais (2D): são modelos que tem as variáveis promediadas dos modelos tridimensionais: Estes modelos são subdivididos em 2 tipos, modelo bidimensional na horizontal (2DH) e modelo bidimensional na vertical (2DV). No modelo 2DH as variáveis são médias verticalmente, ou seja, possuem somente as dimensões (x,y,t) . São aplicáveis a corpos d'água pouco estratificados, tendendo a verticalmente homogêneos. No modelo 2DV as variáveis são médias lateralmente, restando as dimensões (x,z,t) . São aplicáveis a corpos d'água com estratificação vertical de densidade, mas com pouca variação lateral. Normalmente são corpos d'água estreitos.
- Modelos tridimensionais (3D): são modelos que possuem todas as dimensões (x,y,z,t) . Os modelos gerais ou 3Dg, incluem todas as equações, e considera os gradientes de densidades. São aplicáveis a qualquer caso. Já os modelos simplesmente 3D possuem uma hidrodinâmica mais simples, pois não são incluídos gradientes de densidades na sua formulação. São aplicáveis a corpos d'água com coluna d'água homogênea ou pouco estratificada, com o objetivo de se obter perfis verticais das variáveis.

A escolha da dimensionalidade do modelo está relacionada às aproximações numéricas usadas na formulação dos processos físicos, químicos e biológicos em questão, à precisão e amplitude dos resultados necessários e à natureza do sistema (ANDRADE, 2007). Por exemplo, os ambientes costeiros, em sua grande maioria, podem ser representados por modelos bidimensionais no plano horizontal (duas dimensões). Para tanto, torna-se necessário que as escalas verticais do movimento sejam muito menores que as horizontais, além disso, a coluna d'água tem que ser razoavelmente bem misturada com pouca ou nenhuma estratificação vertical. A Baía de Guanabara – RJ e a Baía de Todos os Santos – BA são exemplos de sistemas estuarinos que se enquadram nestas situações (BARROSO JUNIOR, 2009).

O Quadro 1 apresenta os principais modelos hidrodinâmicos, de acordo com a sua dimensionalidade, realizando uma breve descrição e aplicação destes sistemas.

Quadro 1: Principais Modelos Hidrodinâmicos

Modelo	Dimensão	Descrição	Aplicação
DYRESM	1D	O DYRESM (Dynamic Reservoir Model) é um modelo que faz parte do CAEDYM (Computational Aquatic Ecosystem Dynamics Model). Trata-se de um modelo unidimensional utilizado para prever estratificação de densidade vertical em lagos e reservatórios.	Este modelo tem sido utilizado na Austrália por Hillmer and Imberger, (2005) e Israel por Bruce et al. (2005).
HEC-RAS	1D	O HEC-RAS foi idealizado pelo (Hydrologic Engineering Center), o programa RAS (River Analysis System) foi concebido para efetuar cálculos hidráulicos em um sistema completo de canais naturais ou construídos.	No Brasil, verifica-se a utilização do HEC-RAS no Rio Araguaia por AZEVEDO (2009), em redes de canais por PAIVA (2011) e no Rio São Francisco por SOUZA (2007), dentre outras.
Modelo	Dimensão	Descrição	Aplicação
SOBEK	1D/2D	O SOBEK foi desenvolvido pelo instituto Holandês WL Delft Hydraulics conjuntamente com o Instituto de Gerenciamento e de Águas Interiores e Tratamento de Águas Servidas (Dutch Institute of Inland Water Management and Wastewater Treatment (RIZA)) e empresas Holandesas de consultoria em recursos hídricos.	No Brasil verifica-se a utilização deste software no canal Formoso por RÉQUIA (2011) e na bacia Alto da Colina por MELLER (2004), dentre outros.
DIVAST	2D	O modelo numérico DIVAST (Depth Integrated Velocity and Solute Transport), foi desenvolvido com o objetivo de simular problemas relacionados à hidrodinâmica, ao transporte de sedimentos e à qualidade da água em estuários e águas costeiras. Este é um modelo bidimensional horizontal integrado verticalmente.	No Brasil, verifica-se a sua utilização na Baía do Espírito Santo por ANDRADE (2007), no Canal da passagem por NASCIMENTO (2009) e na baía da Vitória por RIGO (2004), dentre outras.

IPH-ECO	2D	O IPH-ECO é um modelo matemático, bidimensional promediado verticalmente (2DH), desenvolvido pelo Instituto de Pesquisa Hidráulicas (IPH), da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, para a simulação de fenômenos relacionados com a hidrodinâmica, o transporte de nutrientes e o desenvolvimento de fitoplâncton em lagos, estuários e reservatórios.	No Brasil, verifica-se a sua utilização no reservatório de Billings por CASTRO (2009), no sistema do Taim por FRAGOSO (2005) e no rio Guaíba por FERREIRA (2012), dentre outras.
EFDC	1D/2D/3D	O EFDC (Environmental Fluid Dynamics Code) é um modelo numérico, hidrodinâmico, desenvolvido no Institute of Marine Science da Virginia. O modelo é capaz de resolver as equações do movimento em até três dimensões, com capacidade de representar a dinâmica de lagos, rios, reservatórios e estuários.	No Brasil, verifica-se a sua utilização no Estuário do Rio Amazonas por Silva (2009) e por VILELA (2011).
Modelo	Dimensão	Descrição	Aplicação
DELFT3D	2D/3D	O Delft3D constitui-se em um avançado sistema de modelos numéricos, tais como hidrodinâmica, geração e propagação de ondas, transporte de sedimentos e mudanças na morfologia (erosão e deposição de sedimentos, variação da topografia de fundo e da linha de costa) e qualidade de água.	No Brasil verifica-se a sua utilização no rio Araguaia pela Acquaplan Tecnologia e Consultoria Ambiental (2011), na região estuarina da Lagoa dos Patos por PEREIRA (2004) e no litoral da baixada Santista por BAPTISTELLI (2008), dentre outras.
ECOMSED	2D/3D	O ECOMSED foi desenvolvido para ambientes de águas rasas (rios, baías e estuários). O modelo é capaz de simular a distribuição espacial e temporal de correntes de velocidades, temperatura, salinidade, elevação da superfície do mar, sedimentos e ondas no ambiente marinho.	No Brasil, verifica-se a sua utilização na Lagoa Rodrigo de Freitas por CABRAL (2009) e na Lagoa dos Patos por BASTOS (2008), dentre outras.

ELCOM	2D/3D	O ELCOM (Estuary and Lake. Computer Model) é um modelo que faz parte do CAEDYM (Computational Aquatic Ecosystem Dynamics Model). Trata-se de um modelo hidrodinâmico tridimensional aplicável aos lagos, Reservatórios, aos estuários e ao oceano costeiro.	No Brasil verifica-se a utilização deste modelo na Bacia Billings por JESUS (2006), e no reservatório do Lobo por ROCHA e MANGIAVACCHI (2009).
MOHID	2D/3D	O MOHID (Modelo Hidrodinâmico) é um modelo tridimensional. Devido à sua constante evolução na sequência da aplicação a diferentes projetos, científicos e tecnológicos, atualmente é denominado por MOHID Water Modelling System.	O MOHID foi usado para simular processos hidrodinâmicos no oceano Atlântico, em zonas costeiras e em mais de 30 estuários e sistemas lagunares (na Europa, África e no Brasil).
POM	2D/3D	O POM (Princeton Ocean Model) foi elaborado como sendo um modelo numérico tridimensional, não linear, com superfície livre e de equações primitivas resolvidas por diferenças finitas.	No Brasil, verifica-se a sua aplicação no litoral do Estado do Paraná por MARONE (2002), na baía de Iguape por GENZ (2006), na baía de Guanabara por BÖCK (2010) e no estuário de Santos por PARREIRA (2012).
Modelo	Dimensão	Descrição	Aplicação
ROMS	2D/3D	O ROMS (Regional Oceanic Modelling System) é um modelo tridimensional de coordenadas sigma, superfície livre, semi-explícito na resolução das equações primitivas. As equações governantes são resolvidas via diferenças finitas.	No Brasil, verifica-se a utilização deste programa na região estuarina dos Rios Piraquê — Açu e Piraquê — Mirim por OLIVEIRA (2010)
MIKE	1D/2D/3D	O MIKE é um modelo hidrodinâmico desenvolvido pela DHI — DANISH HYDRAULIC INSTITUTE WATER & ENVIRONMENT. Trata-se de um sistema de modelagem numérica para simulação das variações do nível e fluxo d'água em até três direções.	No Brasil verifica-se a utilização do MIKE 11 na sub- bacia do rio Piauitinga, Sergipe, por LUCAS (2010) e na Bacia Hidrográfica do Rio Beberibe, Pernambuco, por GÓES (2009).

SisBaHiA	1D/2D/3D	O SisBaHiA — Sistema Base de Hidrodinâmica Ambiental é um conjunto de modelos registrado pela Fundação Coppetec, órgão gestor de convênios e contratos de pesquisa do COPPE/UFRJ. O modelo hidrodinâmico é capaz de resolver as equações do movimento em até três direções.	No Brasil, verifica-se a utilização deste programa na Baía de Todos os Santos por XAVIER (2002), TOPÁZIO (2003) e BARROSO JÚNIOR (2009), nas Baías da ilha Grande e Sepetiba por MARTINS (2008) dentre outras.
----------	----------	---	--

3.3.1. ESCOLHA DO MODELO

A escolha do modelo hidrodinâmico utilizado dependerá de vários aspectos, dentre os quais se destacam os objetivos do estudo, as características do sistema, a disponibilidade dos dados e a familiaridade com o modelo (TUCCI, 2020).

O modelo hidrodinâmico adotado, dentre aqueles apresentados no Quadro 1, para simular o comportamento hidrodinâmico do trecho fluvioestuarino, localizado a jusante da UHEPC, foi o SisBaHiA, devido a sua adequabilidade, pois o modelo é capaz de representar satisfatoriamente o fenômeno de interesse, simulando escoamentos em até três dimensões, atendendo aos objetivos da presente dissertação de mestrado, fornecendo informações de elevação do nível d'água, velocidade das correntes e vazões para diferentes cenários. Além disso, por conveniência, buscou-se um sistema que: fosse totalmente nacional e de domínio público; tivesse uma interface de trabalho amigável; possuísse uma necessidade computacional reduzida; o pessoal que tem experiência com a utilização do modelo fosse acessível para esclarecer eventuais dificuldades por ocasião do uso do sistema e por já ter sido utilizado, calibrado e validado para a baía de todos os santos por XAVIER (2002), TOPÁZIO (2003) e BARROSO JÚNIOR (2009).

O modelo hidrodinâmico do SisBaHiA, FIST3D, possui uma linhagem FIST (Filtered in Space and Time), otimizado para corpos de água naturais, permitindo ótima representação de contornos recortados e batimetrias complexas como usual em tais corpos de água. Esta linhagem é baseada em técnicas de filtragem, que se aproxima daquelas empregadas na Simulação de Grandes Vórtices (LES

- Large Eddy Simulation). As equações de Navier- Stokes são resolvidas com aproximação de águas rasas, considerando a aproximação de pressão hidrostática (ROSMAN, 2025).

O FIST3D é composto por dois módulos:

- Um módulo promediado na vertical ou bidimensional na horizontal (2DH), através do qual a elevação da superfície livre e velocidades de corrente 2DH promediadas na vertical são calculadas.
- Um módulo 3D que calcula o campo de velocidades tridimensional através de duas opções possíveis.

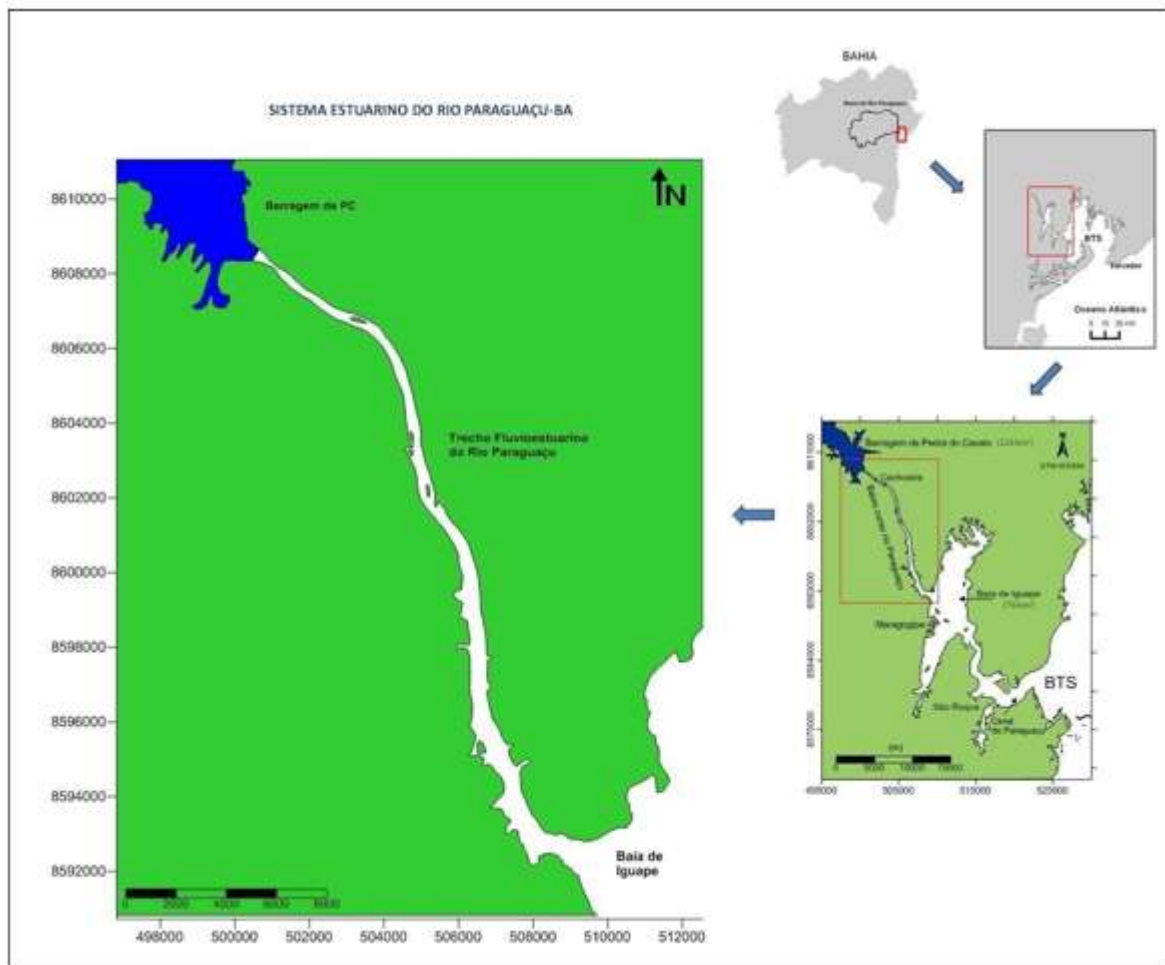
No âmbito desta Tese de Dissertação será empregado o módulo 2DH do FIST3D, que é capaz de simular a circulação hidrodinâmica em corpos de água naturais, sob diferentes cenários meteorológicos, oceanográficos, fluviais ou lacustres. Para tanto, é necessário que o escoamento seja pouco sensível a efeitos baroclínicos.

A discretização espacial, no SisBaHiA, é feita por meio de elementos finitos quadrangulares, triangulares ou mistos. Já a discretização vertical da coluna d'água é feita através de diferenças finitas com transformação sigma. A discretização temporal é feita via um esquema implícito de diferenças finitas, com erro de truncamento de segundo ordem (ROSMAN, 2013).

4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende o trecho do rio Paraguaçu, a jusante da barragem Pedra do Cavalo, entre as latitudes $12^{\circ} 34' 45''$ e $12^{\circ} 53' 26''$ e entre as longitudes $38^{\circ} 44' 54''$ e $38^{\circ} 59' 29''$, caracterizado pelo aporte de água doce pelo barramento, com área de 126 km^2 , à Baía de Iguape, com área de 76 km^2 , que recebe influência de maré oriunda do oceano Atlântico passando pela Baía de Todos os Santos (Figura 4).

Figura 4: Localização da Área de estudo



Fonte: Adaptado de MEDEIROS et al. (2013).

A barragem de Pedra do Cavalo foi construída na década de 80, na cabeceira do estuário do rio Paraguaçu, promovendo mudanças no regime hidrológico e afetando a região estuarina (GENZ, 2006), do baixo curso do rio, passando pela Baía de Iguape até o canal do rio Paraguaçu-BA. O reservatório de Pedra do Cavalo tem como função principal a regularização da vazão do rio Paraguaçu para evitar cheias nas cidades históricas de Cachoeira e São Felix, e o abastecimento de água da Região Metropolitana de Salvador, contribuindo com 60% de todo o volume de água utilizado na capital baiana. Ademais, na barragem está instalada uma Usina Hidroelétrica, responsável pelo fornecimento de energia elétrica, nos horários de pico.

A Baía de Iguape está inserida em 3 (três) Unidades de Conservação não contínuas: APA Pedra do Cavalo (Cachoeira), APA Baía de Todos os Santos (envolvendo as águas e o conjunto de ilhas inseridas na poligonal formada pela linha da costa que delimita a Baía e o estuário do Rio Paraguaçu) e a Reserva Extrativista (RESEX) Marinha da Baía do Iguape (Cachoeira, São Félix, Maragogipe e suas respectivas

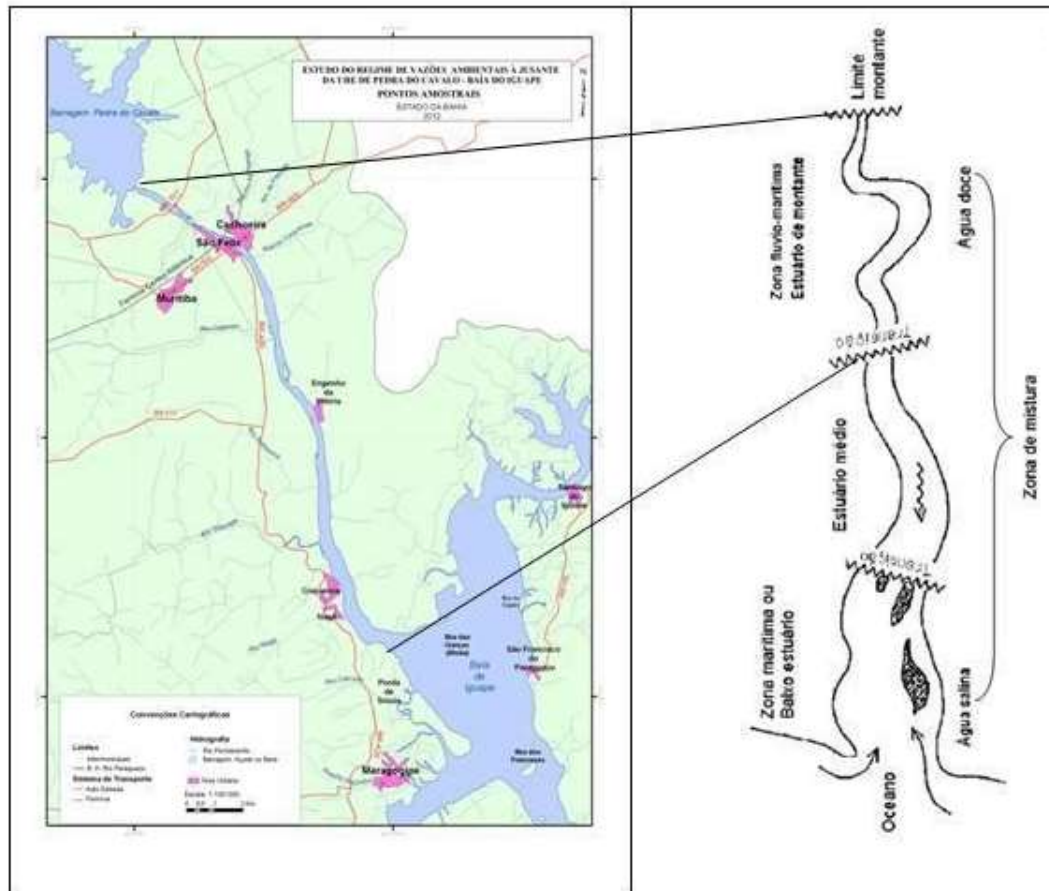
vilas e pequenas localidades). Assim, esta baía é uma região onde a manutenção do ecossistema é de grande importância, sendo uma área onde se visa proteger os meios de vida e a cultura das populações extrativistas tradicionais, bem como assegurar o uso sustentável dos recursos naturais da unidade.

A hipótese inicial é que a implantação da Usina Hidroelétrica de Pedra do Cavalo (UHEPC) proporcionou drásticas consequências na Baía de Iguape, sobretudo no que diz respeito à hidrodinâmica e a influência da salinidade, oriunda do movimento astronômico das marés, pois, segundo POWELL (2002), o aporte de água doce afeta as baías costeiras e estuários em todo nível básico de interação, isto é, físicos, químicos, e biológicos. Os efeitos positivos, devido à circulação estuarina, que mais se destacam são os padrões de salinidade, o transporte de sedimentos, as fontes de nutrientes, e a produção de pescados, enquanto que os efeitos negativos que mais se sobressaem são o transporte de compostos tóxicos, os poluentes, e os organismos patogênicos oriundos da drenagem natural do terreno. Dessa forma, percebe-se a necessidade de produzir respostas articuladas e integradas ao problema da definição de um regime de vazões que atenda as múltiplas demandas de natureza ambiental como também econômicas e sociais, tendo como foco os efeitos negativos decorrentes da operação da UHEPC, sobre a biota e a qualidade da água na área de estudo, unindo assim três grandes áreas do conhecimento, as engenharias com estudos da hidrodinâmica local, as ciências exatas e da terra com estudos de clima, química e hidrodinâmica costeira e as ciências biológicas com os aspectos do comportamento da biota.

4.1. CARACTERIZAÇÃO DO TRECHO FLUVIOESTUARINO DO RIO PARAGUAÇU

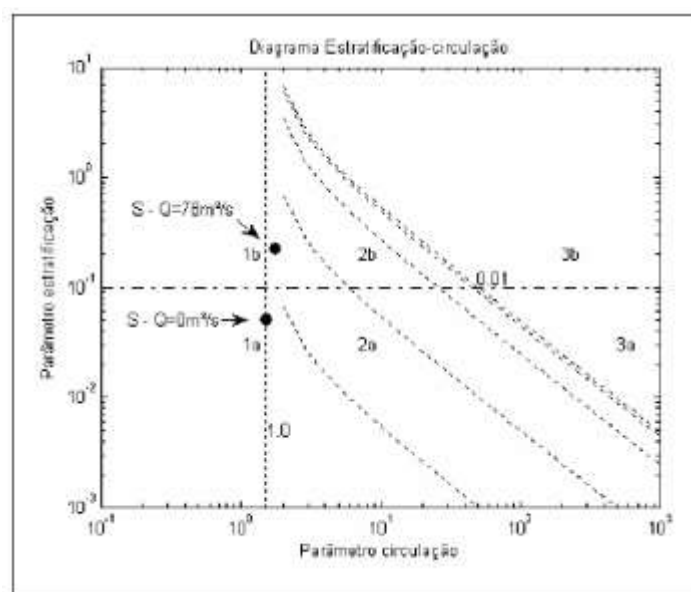
O trecho fluvioestuarino ou zona fluviomarítima do rio Paraguaçu (Figura 5) está classificado, segundo metodologia proposta por HANSEN & RATTRAY (1966 apud DUARTE & VIEIRA, 1997) e conforme apresentam os estudos realizados por GENZ (2006), como sendo bem misturado, forte estratificação para caudal fluvial da ordem de $78,0 \text{ m}^3/\text{s}$. A Figura 6 apresenta o resultado dos estudos desenvolvidos por GENZ (2006).

Figura 5: Representação do trecho fluvioestuarino do rio Paraguaçu



Fonte: Adaptado de MEDEIROS et al. (2013) e SILVA (2000).

Figura 6: Diagrama de circulação e estratificação - Próximo ao PA 3

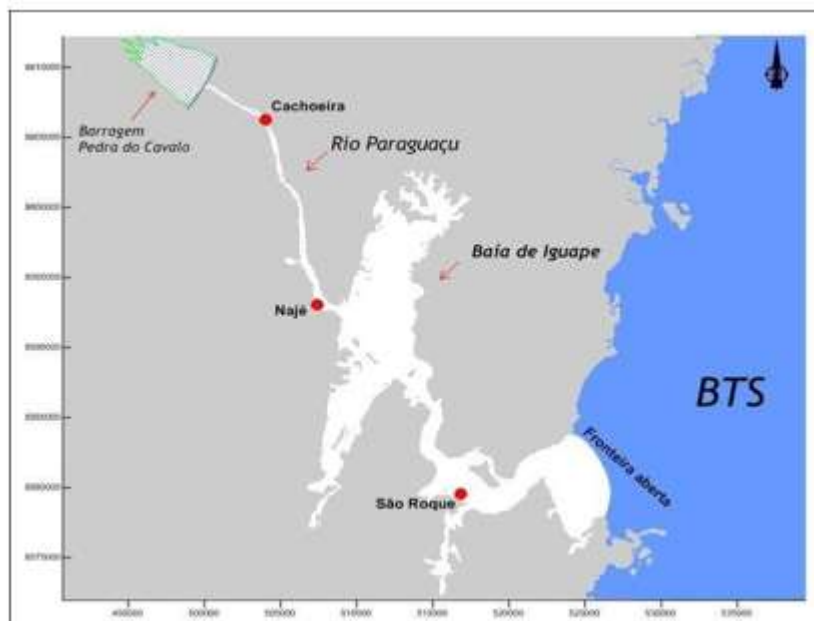


Fonte: GENZ, 2006.

4.1.1. REGIME DE MARÉS DO TRECHO FLUVIOESTUARINO DO RIO PARAGUAÇU

As marés são oriundas da movimentação oscilatória das águas marinhas, relativamente ao referencial da altitude, determinados por forças induzidas pela variação das posições relativas da lua e do sol com a terra. As informações sobre o regime de maré foram obtidas para as localidades de São Roque – BA e Najé/Coqueiros – BA, por meio da utilização das constantes harmônicas apresentadas pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), a Figura 7 apresenta os principais marégrafos da região.

Figura 7: Localização dos Marégrafos da região



A partir da análise das constantes harmônicas e utilizando o número de forma F, desenvolvido por Dietrich (1963 apud ROSMAN, 2013) é possível efetuar a classificação temporal das marés da região. Segundo esta metodologia a maré pode ser classificada pela equação III:

$$F = \frac{K_1 + O_1}{M_2 + S_2}$$

Onde:

K_1 é a componente harmônica lunar/solar diurnal;

O_1 é a componente harmônica principal lunar diurna;

M_2 é a componente harmônica principal lunar semi-diurnal;

S_2 é a componente harmônica principal solar semi-diurna.

O numero de forma classifica as marés como:

Semi-diurna: $0 \leq F \leq 0,25$;

Mista, principalmente semi-diurna: $0,25 < F \leq 1,50$;

Mista, principalmente diurna: $1,50 < F \leq 3,00$;

Diurna: $F > 3,00$

Dos cálculos obtidos para as constantes harmônicas das estações maregráficas de São Roque e Najé/Coqueiros, verificou-se que os números de forma são, respectivamente, de 0,08 e 0,04, que corresponde à classificação de marés semi-diurna.

5. METODOLOGIA

Esta pesquisa tem como objetivo analisar as alterações hidrodinâmicas em trechos fluvioestuarinos de cursos d'águas, devido à operação de barragens.

Para atingir esse objetivo, torna-se necessário caracterizar a dinâmica fluvial associada à variação das marés, buscando compreender os fenômenos físicos e suas relações, bem como as equações matemáticas e modelos hidrodinâmicos adequados. Para tanto, será realizado: (1) identificação das condições hidrológicas de referência, através de levantamento fluviométrico e de revisão de literatura; (2) escolha do modelo hidrodinâmico adequado, capaz de representar o fenômeno de interesse; (3) identificação das possíveis mudanças na calha do curso d'água, isto é, nível d'água, velocidade de escoamento e vazão para diferentes condições hidrológicas e (4) avaliação das alterações das características hidrodinâmicas do rio Paraguaçu, a jusante da UHE de Pedra do Cavalo, através de utilização de um modelo hidrodinâmico computacional.

5.1. CONDIÇÕES HIDROLÓGICAS DE REFERÊNCIA

A definição das condições hidrológicas de referencia do baixo trecho da bacia do rio Paraguaçu foi realizada por meio da revisão de literatura.

De acordo com os estudos desenvolvidos por Medeiros et al. (2013), a caracterização desse comportamento hídrico em rios sob a influência de barramentos, passa primeiramente pelo destaque dos períodos antes e depois desta interferência, distinguindo-se as condições hidrológicas do passado e presente.

Neste sentido, o método CHid (Condição Hídrica da bacia hidrográfica), proposto por Genz e Luz (2007), apresenta-se como um instrumento capaz de estabelecer a condição hidrológica de referencia.

Este método consiste em colocar as condições hídricas da bacia com base nas características no escoamento médio anual comparado com o comportamento da vazão média de longo período. Desta forma, para encontrar a CHid é usado o conceito de Anomalia da série, estabelecida pela equação IV:

$$\text{Anomalia} = \frac{(Q - Q_{lp})}{A} \quad (IV)$$

onde:

- Q é a vazão média anual;
- Q_{lp} é vazão média de longo período – corresponde à média das vazões médias diárias anuais e
- α desvio padrão das vazões médias anuais.

Para determinação da classe da Chid, Genz e Luz (2007) exibem as cinco categorias conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1: Classificação da CHid.

Limites	Classe da Chid	Valor da Chid
Anomalia < -1,5	Muito seca	-2
-1,5 < Anomalia < -0,5	Seca	-1
-0,5 < Anomalia < 0,5	Média	0
0,5 < Anomalia < 1,5	Úmida	1
Anomalia > 1,5	Muito Úmida	2

Fonte: Genz e Luz (2007).

Como marcos referenciais para definição dos períodos de análise das alterações no fluxo no baixo trecho do rio Paraguaçu, Medeiros et al. (2013), estabeleceu dois momentos: a implantação da barragem e o início de operação da usina.

Dessa forma, para as vazões a jusante da barragem, analisou-se dois períodos distintos, conforme apresenta a Tabela 2:

Tabela 2: Períodos de Análises.

Período	Anos	Origem dos Dados	Fases
1º	1964 - 1978	Estação Fluviométrica 51490000	Antes da Barragem
2º	1986 - 2004	Dados de operação da EMBASA	Pós Barragem

Para a análise hidrológica do passado consideraram-se os registros fluviométricos da estação Pedra do Cavalo – código Hidroweb-ANA 51490000, conforme apresenta a Figura 8, representando o

comportamento das vazões a jusante do reservatório, bem como os dados de operação da Empresa Baiana de Águas e Saneamento (Embasa), apresentado na Figura 9.

Figura 8: Regime Fluvial antes da Barragem de Pedra do Cavalo

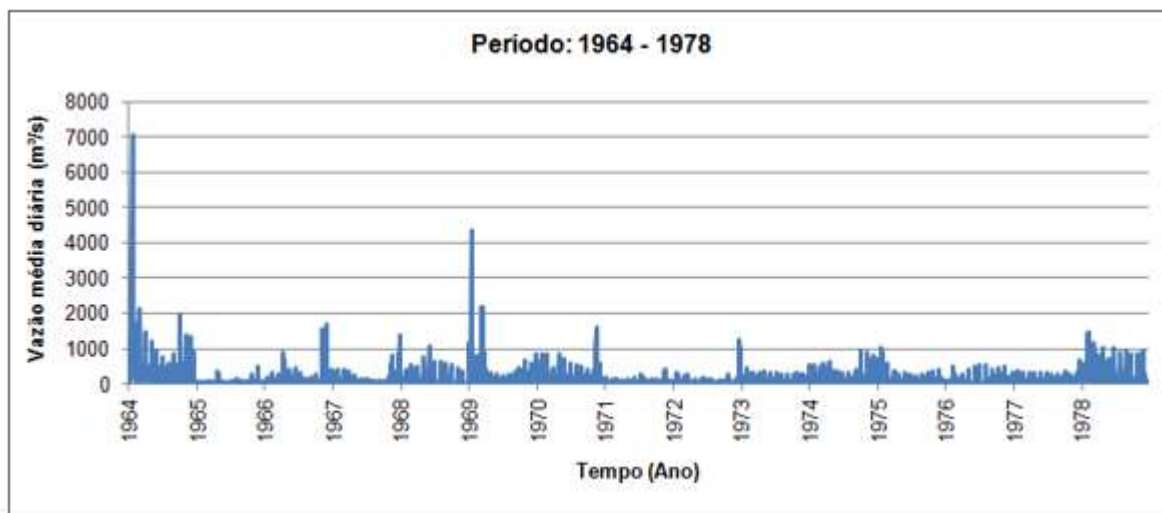
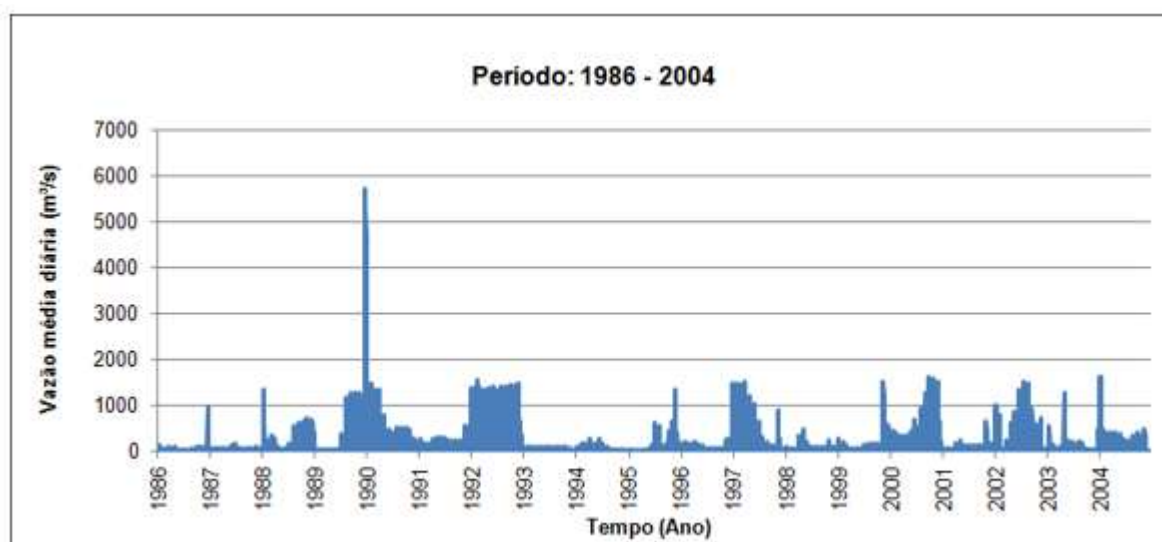


Figura 9: Vazões defluentes da Barragem de Pedra do Cavalo – Embasa



5.1.1 Hidrogramas de referência

Para o desenvolvimento dessa pesquisa foi utilizada os hidrogramas de referencia propostos pelos estudos desenvolvidos por Medeiros et al. (2013). Estes estudos fundamentaram-se na metodologia holística de construção de blocos - Building Block Methodology (BBM), que se apresentou como a mais indicada, por envolver de forma bastante clara não apenas os aspectos biofísicos, mas a questão socioeconômica e institucional.

A metodologia BBM considera como uma das fontes de informação para o conhecimento do rio, a população extrativista e ribeirinha, que observa e analisa o rio cotidianamente e depende diretamente do seu estado saudável e da diversidade de sua biota. O método BBM apoia-se no conceito de que algumas vazões no regime hidrológico de um rio são mais importantes que outras quanto à manutenção do ecossistema fluvial. Essas vazões podem ser identificadas e descritas em termos de sua magnitude, duração e frequência, construindo dessa maneira o regime de vazões necessário à manutenção do ecossistema.

A indicação desse regime de vazões é obtida após oficinas com os especialistas envolvidos. Essa metodologia se aplica a rios que possuem poucos dados (KING, 2008), e se fundamenta na integração de uma equipe de especialistas interdisciplinares que interagirão entre eles ao longo das suas fases.

A metodologia BBM esta estruturada em três fases:

1. Levantamento de dados, determinação da integridade atual do habitat, escolha das seções e classificação da condição do rio ou estuário.
2. Oficina de trabalho dos especialistas para a definição de um regime de vazão adequada.
3. Negociação entre os atores envolvidos: preocupações ambientais/interesses dos usuários/possibilidades de manejo.

Neste contexto, a modelagem hidrodinâmica constitui-se em uma ferramenta importantíssima no auxílio à tomada de decisão. No entanto, os modelos devem ser utilizados de forma criteriosa, pois eles não produzem dados, mas sim transformam estes em informação. Assim, a simulação hidrodinâmica visa fornecer informações sobre a dinâmica da água da região para diversas situações fluviais e maregráficas.

5.2. Dados de entrada do SisBaHiA

O SisBaHiA requer dados de vazões afluentes, velocidade e direção do vento, batimetria do trecho do rio ou canal, constantes harmônicas ou registros maregráficos, rugosidade relativa, infiltração, evaporação, precipitação, malha de elementos finitos e mapas georreferenciados do domínio de modelagem.

5.2.1. Dados Primários

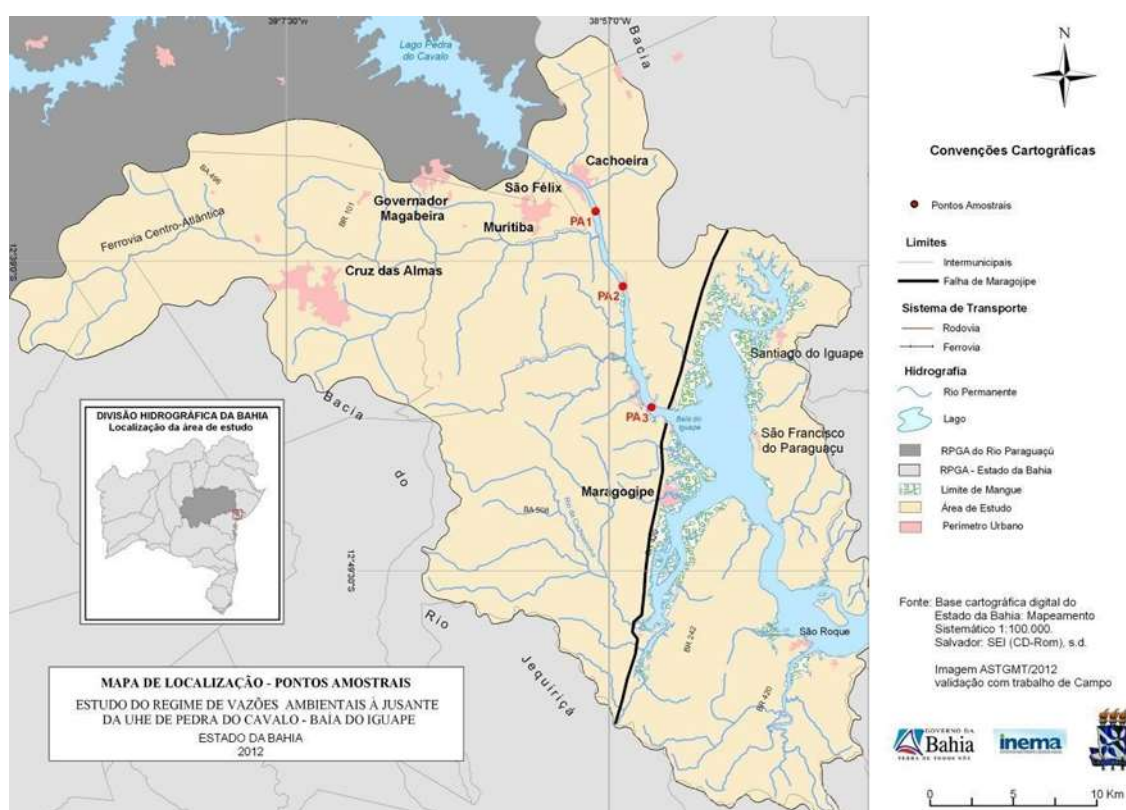
Foram realizadas cinco campanhas de medição em três Ponto Amostrais (PA1, PA2 e PA3), definidos a partir dos estudos realizados pelo Grupo de Recursos Hídricos da Universidade Federal da Bahia (GRH, 2012), indicados na Figura 10, em 08/07/2011 (maré de quadratura), 28/09/2011 (maré de sizígia), 21/10/2011 (maré de quadratura), 11/11/2011 (maré de sizígia) e 28/02/2013 (maré de sizígia), com o intuito de obter dados das seções transversais, níveis d'água, velocidade das correntes e consequentemente a vazão nos três Ponto Amostrais durante um ciclo de maré, isto é, cerca de 13 horas das 06:00 às 19:00 horas. Para tanto, foram utilizados os seguintes equipamentos:

1. Molinete hidrométrico: aparelho utilizado na medição de velocidade e vazão em rios e canais, composto de uma hélice acoplada a um eixo que gira no sentido contrário ao fluxo mandando sinais elétricos a um contador de rotações que calcula a velocidade do fluxo de água.
2. ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) ou Correntômetro Acústico de Efeito Doppler: é um aparelho utilizado para medir a vazão dos cursos d'água através o efeito "Doppler". O efeito Doppler refere-se à mudança de frequência do sinal transmitido pelo sonar, causada pelo movimento relativo entre o aparelho e o material em suspensão da água sob a ação do feixe das ondas sonoras. Como o material em suspensão se desloca na mesma velocidade da corrente de água, a magnitude do efeito Doppler é diretamente proporcional a essa velocidade. Assim, medindo-se a frequência dos ecos que retornam do material em suspensão e comparando-a com a frequência do som emitido, o aparelho determina a velocidade da partícula que é a mesma da corrente de água.

As primeiras medições foram realizadas com o molinete hidrométrico, porém devido às características hidrodinâmicas e de qualidade da água da região verificou-se que este equipamento não era adequado, pois devido a alta concentração de salinidade, a hélice do molinete não funcionava corretamente no PA2 e PA3. Dessa forma, foi realizado, nas três primeiras campanhas, medições apenas no PA1. Apesar dessas limitações, as medições realizadas foram capazes de fornecer informações importantes, ajudando na compreensão do fenômeno e das relações de níveis d'água e variação de correntes, fomentando a idealização do modelo conceitual.

As últimas campanhas foram realizadas com a utilização do ADCP, que é um equipamento mais adequado para este tipo de medição em regiões com influência de maré. Todavia, vale ressaltar que em medições com ADCP ocorrem algumas limitações técnicas, principalmente no que diz respeito à navegação em águas rasas, que acaba por impedir a medição completa da seção em horários de maré baixa. Porém, apesar de não cobrir diretamente toda a área da seção, o software de operação do ADCP é capaz de calcular com boa precisão a vazão líquida em toda a seção através de algoritmos de extrapolação do campo de velocidades para as regiões que não puderam ser medidas diretamente.

Figura 10: Área de estudo e localização dos Pontos Amostrais



Fonte: Adaptado de MEDEIROS et al. (2013).

5.2.2. DADOS SECUNDÁRIOS

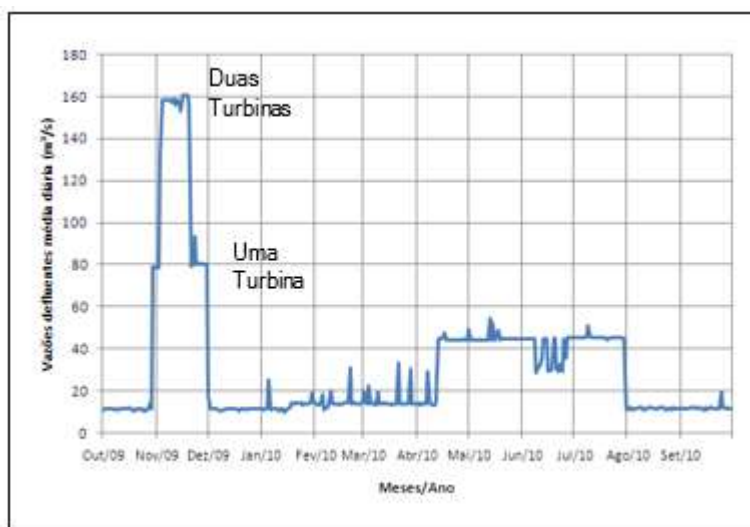
Os dados secundários foram levantados a partir da revisão bibliográfica, sobretudo pelos estudos realizados por Medeiros et al. (2013), Genz (2006) e Votorantim (2010).

5.2.2.1. VAZÕES FLUVIAIS

A UHE de Pedra do Cavalo não possui descarga de fundo em sua estrutura, por esse motivo, a quantidade de água a ser liberada para jusante do barramento pode ser feita por meio de dois

dispositivos: Pelos vertedores ou pelas turbinas. O barramento deve deixar passar para jusante uma vazão média diária de $10 \text{ m}^3/\text{s}$, que corresponde à vazão com 90% de permanência (Q90), todavia, por questões operacionais das turbinas, que só conseguem gerar energia a partir da defluência de cerca de $45 \text{ m}^3/\text{s}$, a barragem passa grande parte do dia sem deixar nenhuma vazão para jusante. O regime operacional adotado, normalmente, é de $45 \text{ m}^3/\text{s}$ de defluência durante 06 horas, que corresponde a uma média diária de aproximadamente $11 \text{ m}^3/\text{s}$. Este regime operacional não leva em consideração a variação das marés, ou seja, se é uma preamar ou baixa-mar, pois o que governa este regime é a demanda do setor elétrico, pois não adianta estar produzindo energia se não há demanda. Assim, a defluência ocorre, normalmente, a partir das 17:00 horas, que corresponde ao momento do dia em que tem-se a maior demanda de energia elétrica. A Figura 11 apresenta as vazões defluentes da UHE para o ano hidrológico de 2009-2010. Observa-se que a capacidade máxima das turbinas foram acionadas nos períodos de Novembro a Dezembro de 2009.

Figura 11: Vazões Defluentes da UHE de Pedra do Cavalo



Fonte: VOTORANTIM, (2009) e (2010).

Além desses dados de contribuições continentais de água doce, foram levados em consideração, para a calibração, validação e simulação dos cenários, os quatro principais afluentes do trecho fluvioestuarino do rio Paraguaçu, isto é, os rios Capivari, Cachoeirinha, Pitanga e Catu, conforme indica a Tabela 3.

Tabela 3: Vazões médias diárias dos afluentes

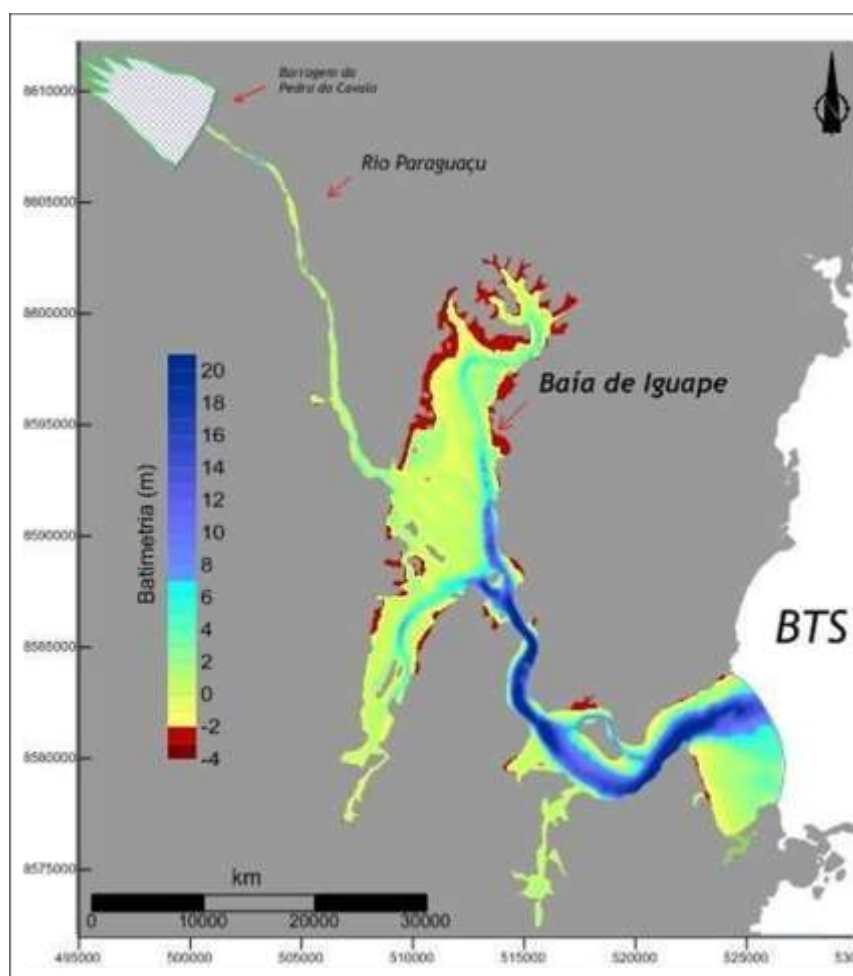
Curso d'água	Coordenadas		Vazão media (m³/s)
	Lat. (S)	Long.(W)	
Catu	12° 43' 43"	38° 52' 05"	0,100
Capivari	12° 38' 08"	38° 58' 48"	3,770
Cachoeirinha	12° 49' 12"	38° 57' 04"	1,600
Pitanga	12° 35' 56"	38° 57' 42"	0,250

Fonte: VOTORANTIM, 2010

5.2.2.2. DADOS BATIMÉTRICOS

Os dados de batimetria foram obtidos por meio das campanhas de campo, bem como dos relatórios da VORORANTIM (2010), ajustando esses à batimetria cedida gentilmente por GENZ (2006). A Figura 12 representa a batimetria do domínio de modelagem, salientando-se que valores negativos de batimetria referem-se às áreas intermarés acima do zero batimétrico da DHN.

Figura 12: Batimetria do baixo Paraguaçu e baía de Iguaçu



5.2.2.3. RUGOSIDADE EQUIVALENTE

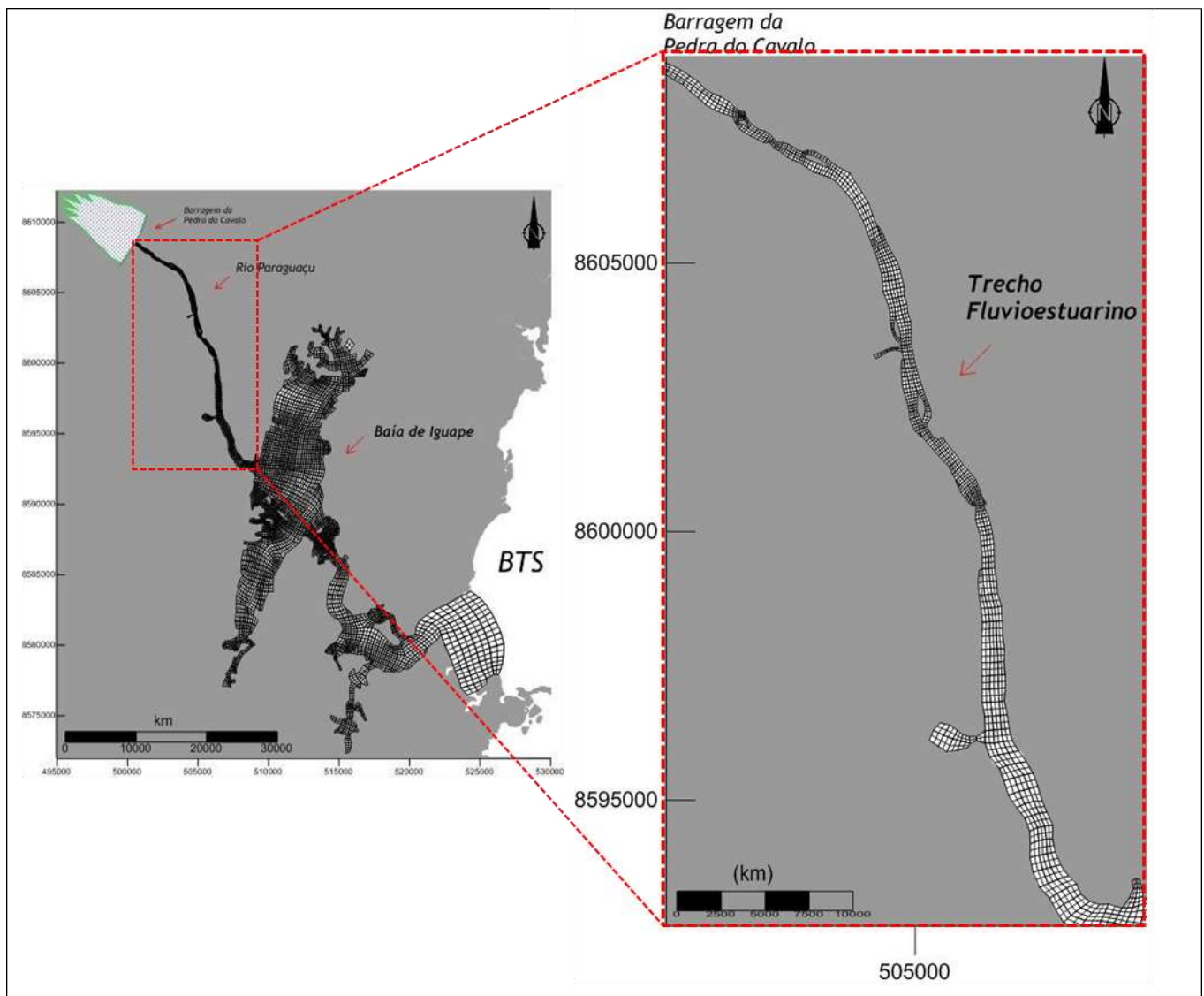
A rugosidade equivalente é um parâmetro que está diretamente relacionado ao coeficiente de Chézy, sendo um elemento utilizado para definir o coeficiente de atrito do fundo. Para obter a rugosidade equivalente foram utilizados mapas e imagens dos estudos de GENZ (2006), PEREIRA e LESSA (2009) e SEI (2011), por meio dos quais foi possível identificar as áreas de mangue e o tipo de sedimento predominante da região (areia).

5.2.3. MALHA DE ELEMENTOS FINITOS

O modelo utiliza uma distribuição espacial de dados georreferenciados em uma malha quadrilátera, triangular ou mista, formada por elementos finitos. A confecção da malha precisa levar em consideração dois aspectos primordiais, que são: deve-se ter uma malha que seja suficientemente refinada para descrever as mudanças das condições de contorno e resolver as equações governantes do escoamento; e devido a limitações computacionais, deve-se buscar uma malha que tenha o mínimo número de elementos com maior área possível. Assim, uma malha demasiadamente refinada aumenta significativamente o tempo de simulação, ao passo que, uma malha grosseira não é capaz de representar adequadamente os contornos do domínio de modelagem.

A Malha foi elaborada por meio do software Argus ONE. Trata-se de uma malha quadrilátera com um total de 1.515 elementos e 7.040 nós (Figura 13). Com essa malha o passo de tempo da simulação adotado foi de 50 segundos e o número de Courrant médio e máximo ficaram, respectivamente, em torno de 3,4 e 13,5.

Figura 13: distribuição espacial de dados em malha quadrilátera



5.3. CALIBRAÇÃO E VALIDAÇÃO DOS PARÂMETROS DO MODELO

Os ajustes dos parâmetros do modelo hidrodinâmico referem-se ao processo de calibração e validação do mesmo. Neste sentido, o objetivo da calibração e validação consiste em reproduzir o movimento do fluido para uma determinada situação conhecida, mediante a variação dos parâmetros físicos em consonância com os valores fisicamente adequados. Dessa forma, será adotada a metodologia proposta por ROSMAN (2025), que consiste em verificar se as escalas características dos fenômenos de interesse são compatíveis com as escalas de discretização do modelo; verificar exaustivamente se a geometria do domínio de interesse está adequadamente representada; verificar as condições de contorno; verificar as variações dos níveis de maré e verificar as velocidades das correntes. Neste sentido, as campanhas de medições feitas em campo serão fundamentais, pois neste momento

poderá ser avaliado se o modelo está conseguindo representar satisfatoriamente as características hidrodinâmica do trecho fluvioestuarino. A campanha de campo realizada em fevereiro de 2013 será utilizada no processo de calibração, enquanto que as demais campanhas serão utilizadas para a validação do modelo hidrodinâmico.

A avaliação de desempenho do modelo, para o período de calibração, foi realizada por meio de expressões comumente empregadas neste tipo de análises, tais como o coeficiente de correlação de Pearson (CP) e o Coeficiente de eficiência de Nash e Sutcliffe (COE).

O CP é estabelecido pela equação V:

$$CP = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (O_i - O_m)(S_i - S_m)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (O_i - O_m)^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (S_i - S_m)^2}} \right]^2 \quad (V)$$

em que:

$O_i \rightarrow$ enésimo valor observado;

$O_m \rightarrow$ média dos valores observados; $S_i \rightarrow$ enésimo valor simulado

$S_m \rightarrow$ média dos valores simulados $n \rightarrow$ número de observações

O tamanho da variável indica a força da correlação, sendo que:

- Valores de $CP \geq 0,7$ indica uma forte correlação;
- Valores de $0,3 \leq CP < 0,7$ indica uma correlação moderada;
- Valores de $0,0 \leq CP < 0,3$ indica uma fraca correlação;

O COE é estabelecido pela equação VI:

$$COE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (E_m - E_s)^2}{\sum_{i=1}^n (E_m - \overline{E_s})^2} \quad (VI)$$

em que,

$E_m \rightarrow$ evento observado;

$E_s \rightarrow$ evento simulado pelo modelo;

$E \rightarrow$ média do evento observado no período de simulação; e $n \rightarrow$ número de eventos.

O valor do COE pode variar a partir de negativo infinito a 1, sendo 1, indicativo de um perfeito ajuste, e valores próximos de zero indicam um desempenho “pobre ou inaceitável”. Segundo SILVA (2008), o desempenho do COE pode ser interpretado da seguinte forma:

- Valores de $\text{COE} \geq 0,75$ indica um bom desempenho;
- Valores de $0,36 \leq \text{CP} < 0,75$ indica um desempenho aceitável;
- Valores de $0,0 \leq \text{CP} < 0,36$ indica um desempenho inaceitável;

6. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

6.1 CALIBRAÇÃO DO MODELO HIDRODINÂMICO

A calibração para o ajuste dos parâmetros do modelo foi realizada para o período referente à última campanha de campo, realizada nos dias 25, 26 e 27 de fevereiro de 2013 (maré de sizígia).

Conforme metodologia sugerida por ROSMAN (2025), após verificar a compatibilidade das escalas características de discretização do modelo, bem como a geometria do domínio de modelagem, o processo de calibração concentrou-se em verificar, inicialmente, as variações dos níveis de maré e, posteriormente, as velocidades das correntes. As primeiras verificações demonstraram que o modelo hidrodinâmico necessitava de ajustes, sobretudo nas constantes harmônicas e na batimetria. Conforme se observa nas Figuras 14, 15, 15 e 17 as variações dos níveis de maré (com nível médio de referencia da DHN), velocidades e vazões simuladas pelo modelo apresentavam uma considerável diferença com relação aos dados medidos em campo.

Figura 14: Marés observadas e simuladas na cidade de Cachoeira – BA

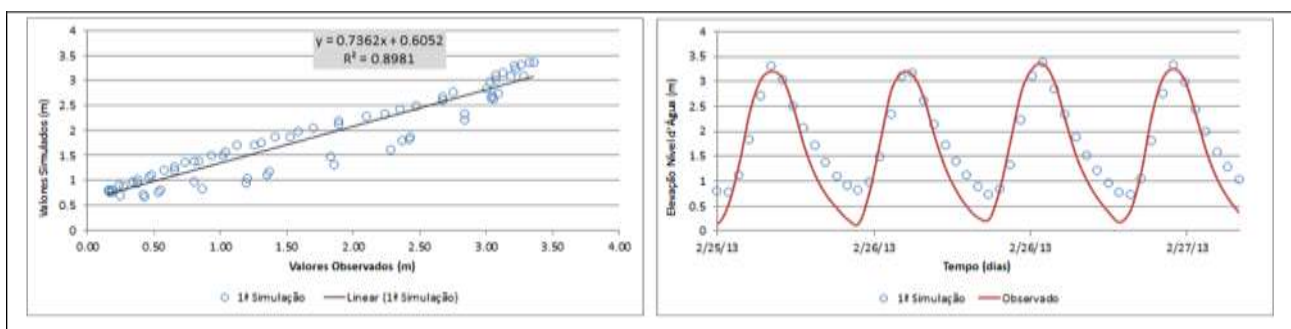


Figura 15: Vazões e velocidades observadas e simuladas no PA1

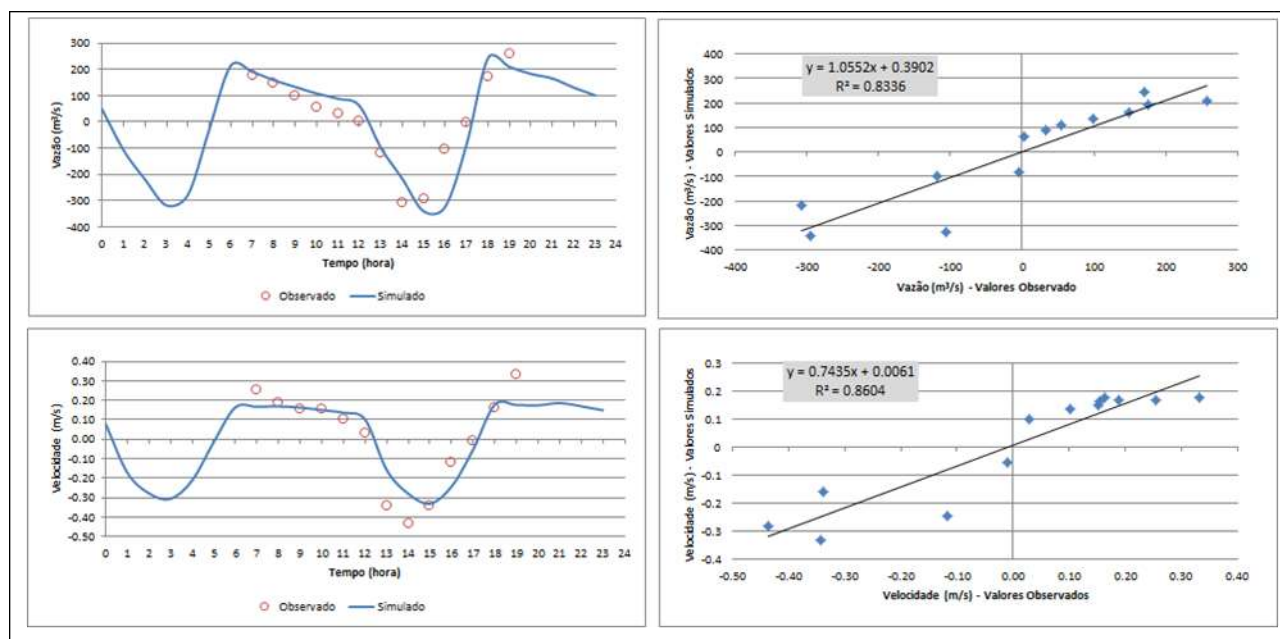


Figura 16: Vazões e velocidades observadas e simuladas no PA2

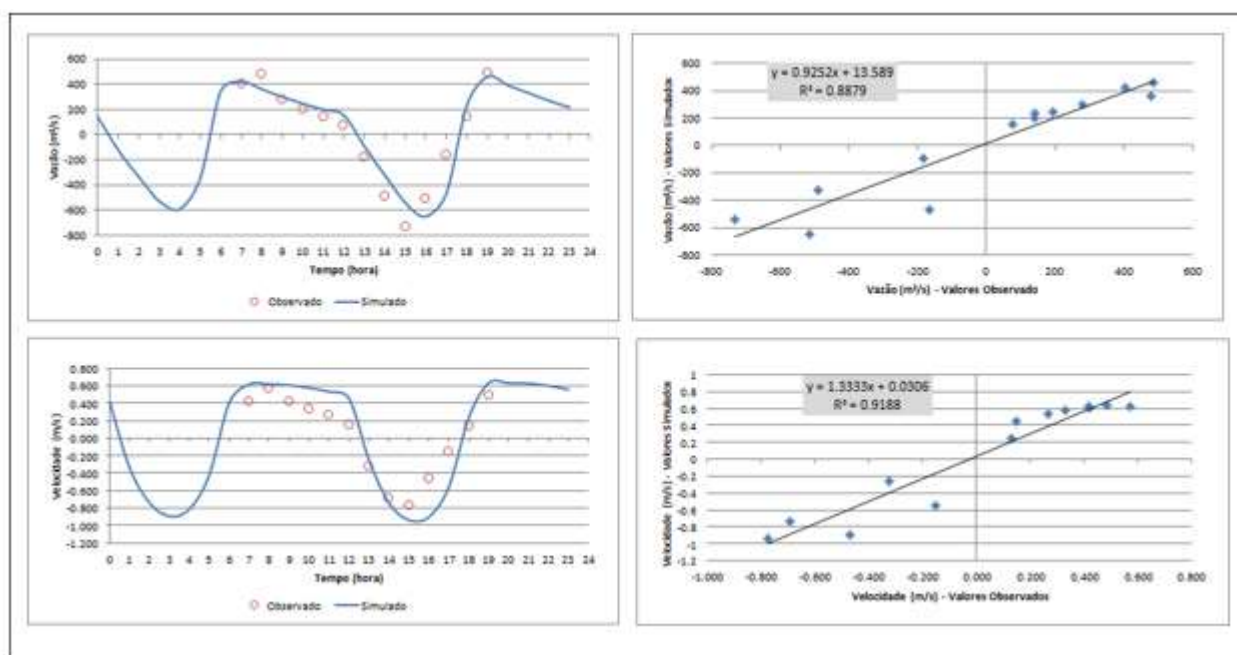
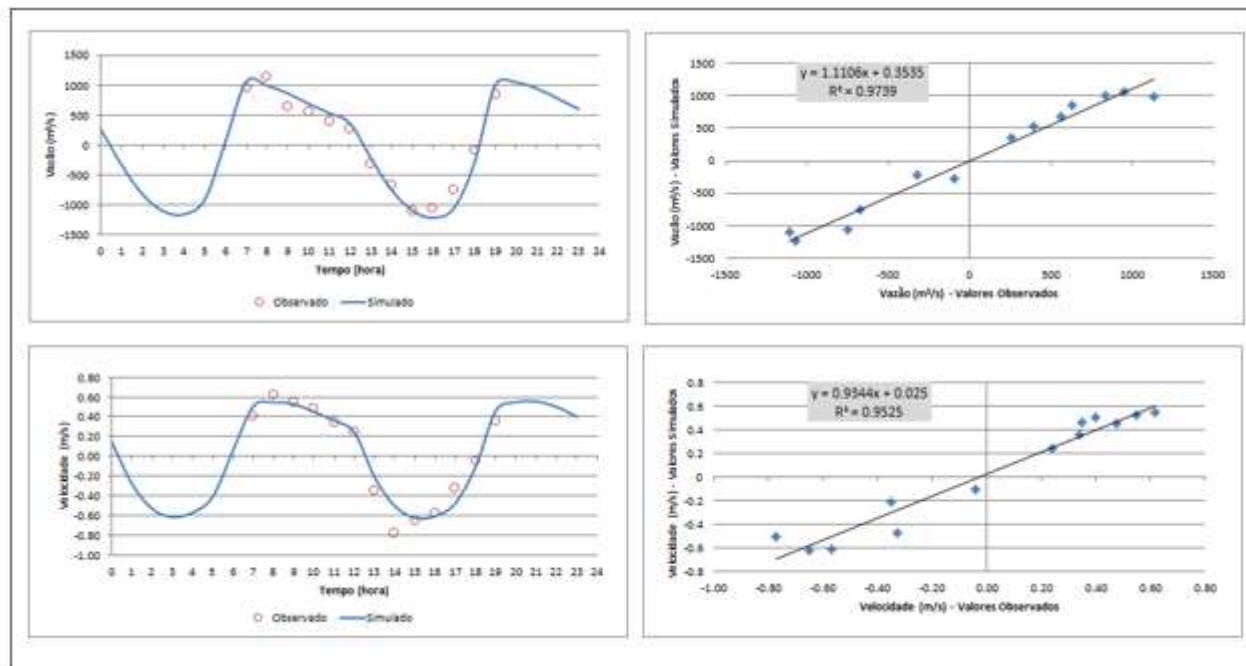


Figura 17: Vazões e velocidades observadas e simuladas no PA3

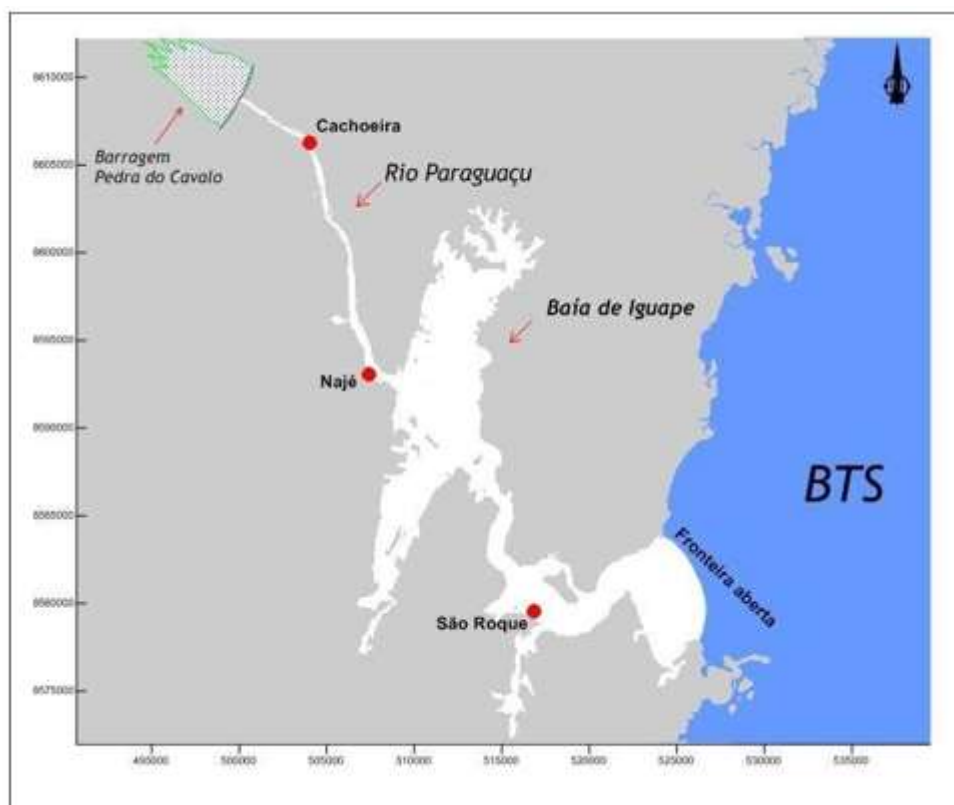


A diferença de fase (diferença de tempo) e de amplitude (diferença de magnitude) na simulação está associada ao marégrafo utilizado na fronteira aberta (forçante de maré). A Figura 18 apresenta os principais marégrafos da região, isto é, nas localidades de São Roque, Najé e Cachoeira. Dentre esses, adotou-se o marégrafo de São Roque para representar a forçante oceânica.

Após análise das primeiras simulações, foi necessário ajustar as constantes harmônicas do marégrafo de São Roque à fronteira aberta do modelo.

Para tanto, utilizou-se o módulo de Análise e Previsão de Maré do SisBaHiA. Com os dados do nível de maré de São Roque, obtidos na simulação, efetuou-se a análise da maré, que é um processo de obtenção do nível médio do mar, bem como a amplitude e fase de cada componente harmônica. Assim, este módulo do SisBaHiA forneceu valores de fase e amplitude para as componentes harmônicas K1, M2, M4, MS4, O1 e S2, motivo pelo qual apenas essas componentes foram corrigidas. Dessa forma, foi realizado o ajuste entre as componentes harmônicas extraídas com o módulo de Análise e Previsão de Maré do SisBaHiA e as componentes harmônicas do marégrafo de São Roque, publicado pela FEMAR (2011).

Figura 18: Marégrafos da Região



As Tabelas 4 e 5 apresentam as constantes harmônicas antes e após os ajustes efetuados, respectivamente.

Tabela 4: Constantes Harmônicas Marégrafo de São Roque.

Constante	Período (seg)	Amplitude (m)	Fase (rad)
$2N_2$	46459.35	0.031	2.15
K_1	86164.09	0.035	3.70
K_2	43082.04	0.101	2.39
M_2	44714.16	0.923	1.99
M_4	22357.08	0.066	5.55
MN_4	22569.03	0.003	3.30
MS_4	21972.02	0.045	0.68
N_2	45570.054	0.236	2.06
NU_2	45453.62	0.045	2.06
O_1	92949.63	0.073	2.55
P_1	86637.20	0.012	3.61
Q_1	96726.09	0.023	0.79
S_2	43200.00	0.372	2.36
T_2	43259.22	0.022	2.34

Fonte: FEMAR, 2011

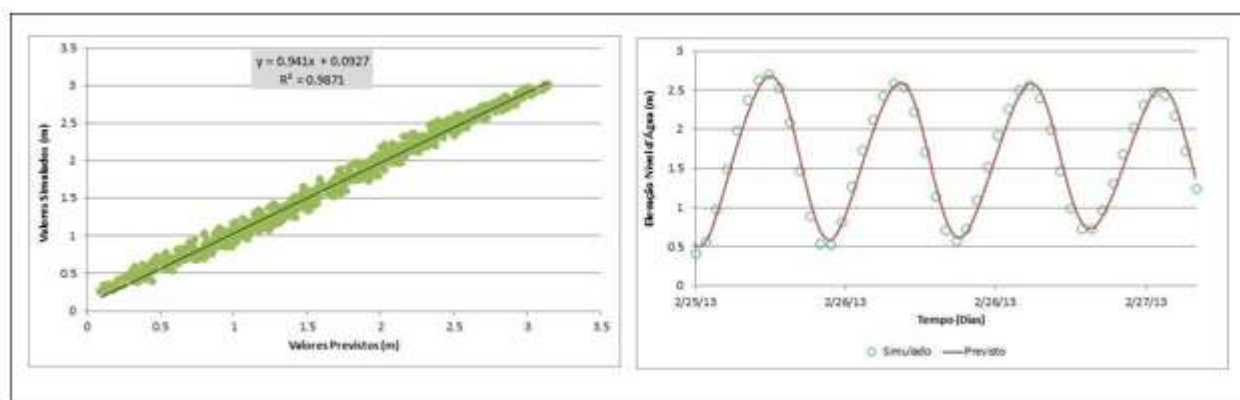
Tabela 5: Constantes Harmônicas Marégrafo de São Roque corrigidas

Constante	Período (seg)	Amplitude (m)	Fase (rad)
$2N_2$	46459.35	0.031	2.15
K_1	86164.09	0.036	3.24
K_2	43082.05	0.101	2.39
M_2	44714.16	0.926	1.77
M_4	22357.08	0.070	5.11
MN_4	22569.03	0.003	3.30
MS_4	21972.02	0.046	0.40
N_2	45570.05	0.236	2.06
NU_2	45453.62	0.045	2.06
O_1	92949.63	0.076	2.43
P_1	86637.2	0.012	3.61
Q_1	96726.08	0.023	0.79
S_2	43200.00	0.339	1.96
T_2	43259.22	0.022	2.34

Fonte: Adaptado de FEMAR, 2011

As componentes harmônicas ajustadas foram: K_1 , M_2 , M_4 , MS_4 , O_1 e S_2 . O nível médio passou de 1.63 (marégrafo de São Roque) para 1.61 (fronteira aberta). A Figura 19 apresenta a consistência entre os dados previstos, via constantes harmônicas da FEMAR, e os dados simulados pelo SisBaHiA para a localidade de São Roque.

Figura 19: Marés previstos e simuladas em São Roque – BA



Após a correção das constantes harmônicas, foram efetuadas vinte simulações, variando diversos parâmetros do modelo, tais como: batimetria da fronteira de terra, espessura do meio poroso rugoso, fator de rugosidade e rugosidade equivalente. Os resultados das simulações estão sintetizados na Tabela 6.

Tabela 6: Simulações efetuadas – calibração de Nível d’água

Simulação	Batimetria da Fronteira Terra	Espessura do Meio Poroso-Rugoso	Fator de Rugosidade	Rugosidade Equivalente	COE
S1	-3	0.75	1	0.03	90.19%
S2	-3	0.75	1	0.03	91.31%
S3	-1	0.75	1	0.03	82.18%
S4	-1	0.75	1	0.03	82.18%
S5	1	0.75	1	0.03	92.05%
S6	1	0.75	1	0.03	92.05%
S7	1	0.75	1	0.03	92.07%
S8	1	0.75	1	0.03	92.05%
S9	1	0.85	1.5	0.03	92.17%
S10	1	0.55	1.5	0.03	91.85%
S11	1	0.95	1.9	0.03	92.29%
S12	1.5	0.95	1.9	0.03	92.94%
S13	2	0.95	1.9	0.03	93.24%
S14	3	0.95	1.1	0.03	92.61%
S15	3	0.6	1	0.03	92.60%
S16	1	0.95	1.9	0.01	93.48%
S17	1	0.95	1.9	0.04	90.07%
S18	3	0.95	1.9	0.03	93.36%
S19	3	0.95	1.9	0.25	93.38%
S20	1	0.95	1.1	0.03	91.51%

A simulação que apresentou melhores resultados foi a S16, na qual é possível observar que o modelo SisBaHiA é capaz de representar satisfatoriamente tanto em termos comportamentais como em termos absolutos o fenômeno de interesse, com valores de COE acima de 93%, pois, Conforme SILVA et al.

(2008), quando o valor de COE for maior que 75%, o desempenho do modelo é considerado bom. Para valores de COE entre 36% e 75%, o desempenho é considerado aceitável, enquanto que valores de COE abaixo de 36% fazem com que o modelo seja julgado como inaceitável. Além disso, conforme apresentam a Figura 20 e Figura 21, os valores dos coeficientes de determinação (R^2) ficaram acima de 95%; os valores dos coeficientes angulares da reta ficaram acima de 80%; e os valores dos coeficientes lineares da reta ficaram abaixo de 40%.

Figura 20: Marés observadas, previstos e simuladas em Cachoeira – BA

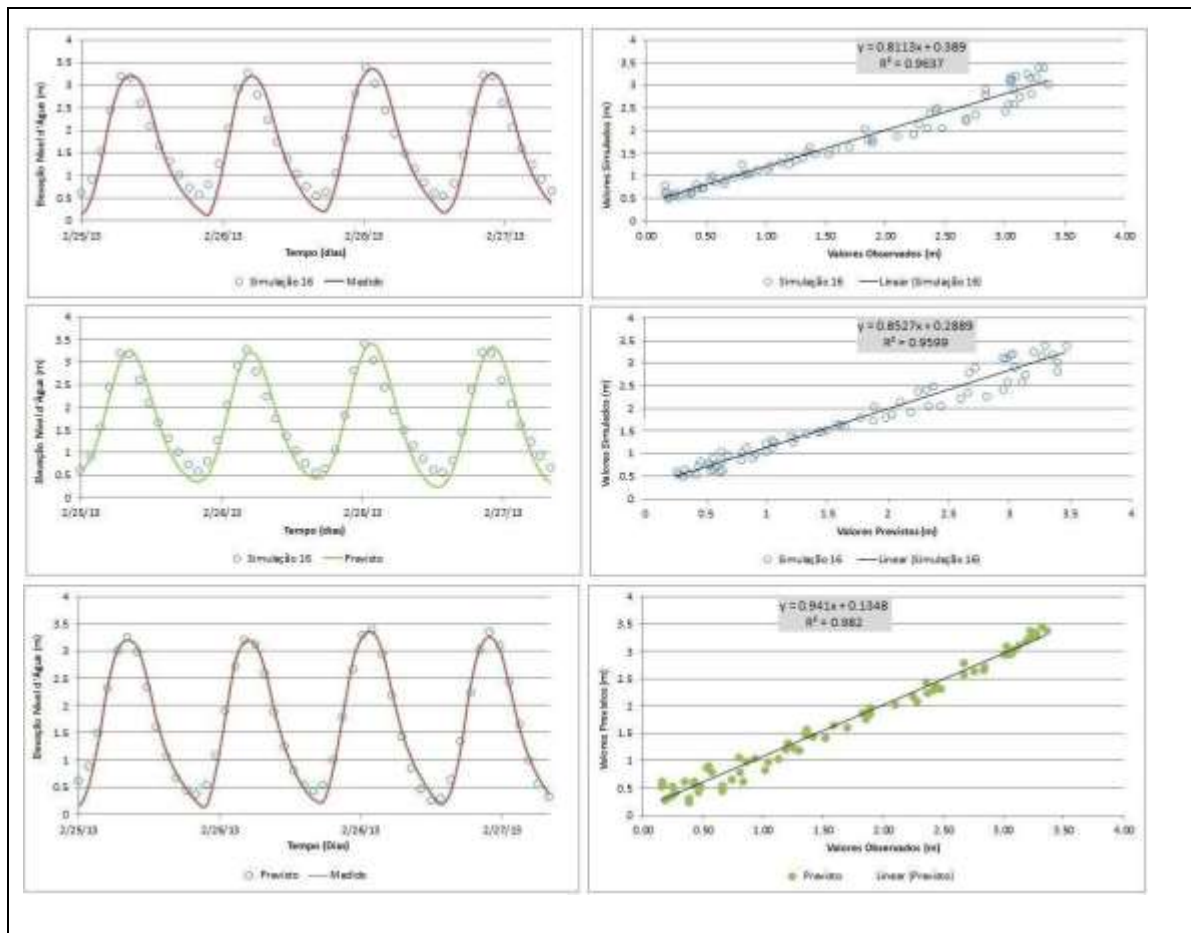
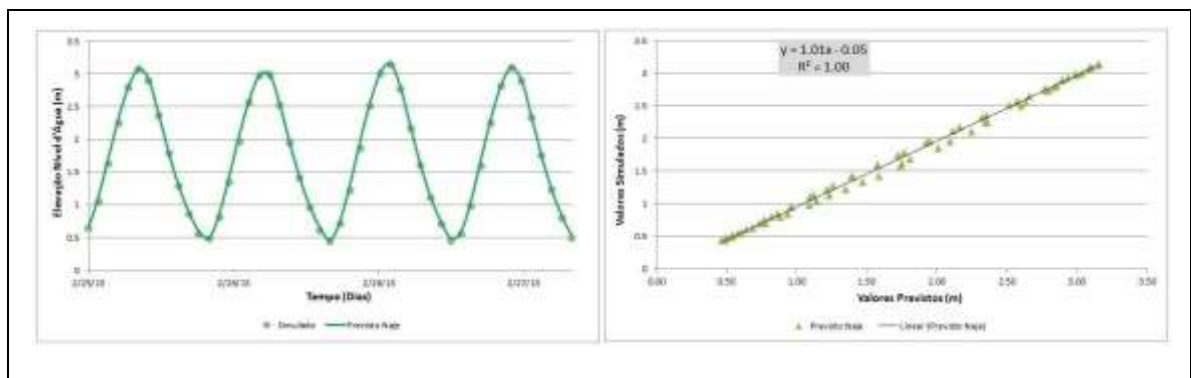


Figura 21: Marés previstos e simuladas em Najé – BA



Após a calibração do nível d'água passou-se a verificar as velocidades e vazões. Segundo ROSMAN (2013), a diferença de níveis de água com o SisBaHiA são, geralmente, inferiores a 5% e os de velocidades são menores que 20%. As Figuras 22, 23 e 24 apresentam os resultados obtidos com a simulação para os Ponto Amostrais 1, 2 e 3, com coeficiente de determinação maior que 85% para o PA1 e maior que 90% para os PAs 2 e 3.

Figura 22: Vazões e velocidades observadas e simuladas no PA1

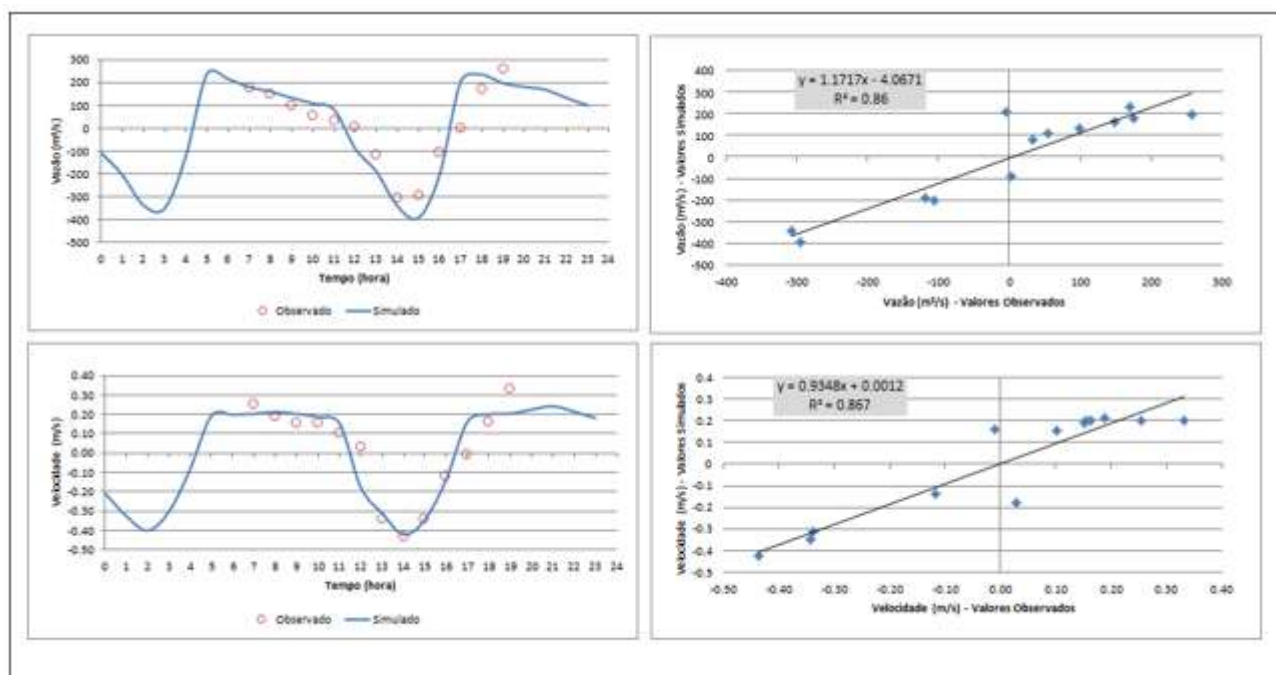


Figura 23 Vazões e velocidades observadas e simuladas no PA2

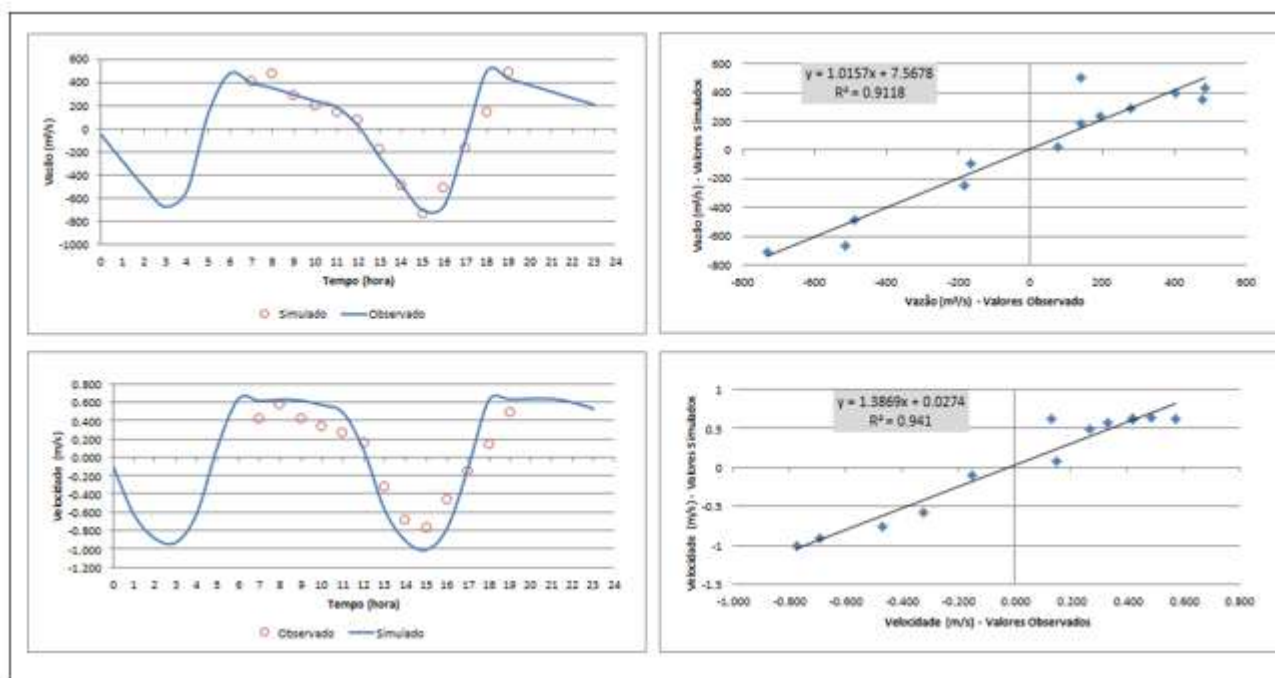
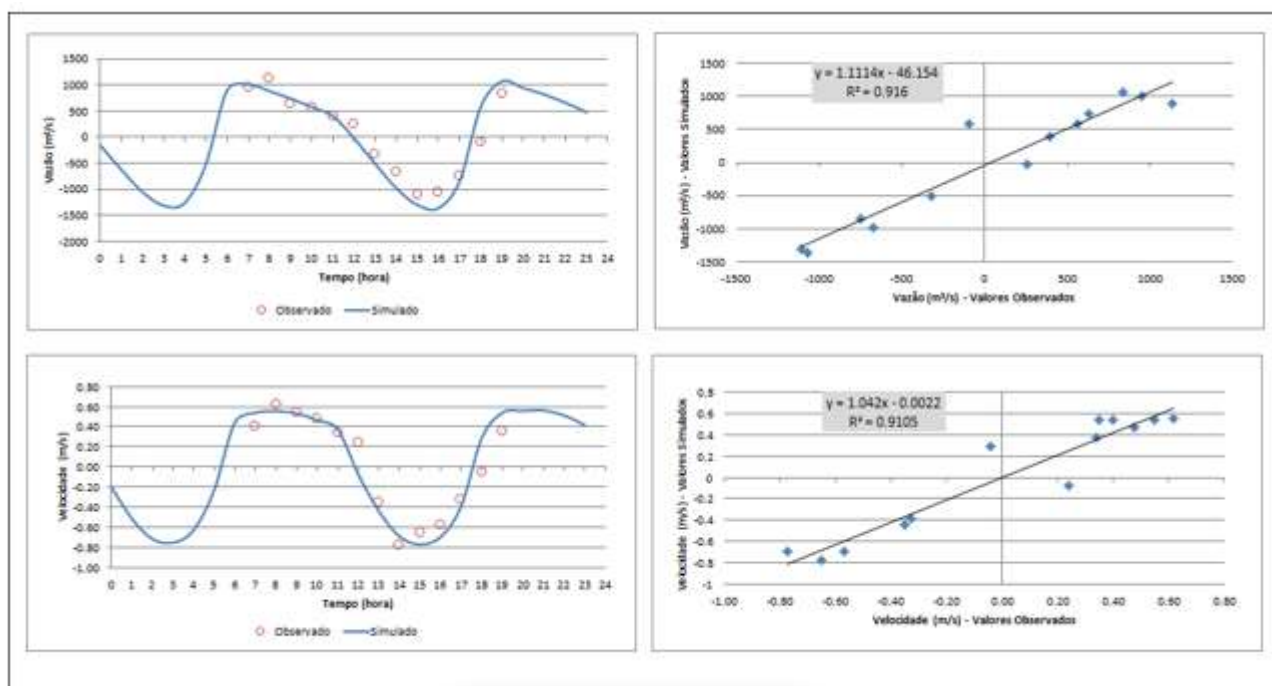


Figura 24: Vazões e velocidades observadas e simuladas no PA3



A Tabela 7 apresenta os valores finais dos coeficientes de desempenho do modelo, onde é possível verificar que os valores simulados são satisfatórios, uma vez que os valores de correlação de Pearson estão acima de 90% e o COE são considerado bons, isto é, acima de 75%.

Tabela 7: Valores finais dos coeficientes de desempenho do modelo

Parâmetros/Coefficientes	Correlação de Pearson	COE
Vazão PA1	0,93	0.75
Velocidade PA1	0,93	0.86
Vazão PA2	0,95	0.90
Velocidade PA2	0,97	0.83
Vazão PA3	0,96	0.87
Velocidade PA3	0,95	0.89

6.2 VALIDAÇÃO DO MODELO HIDRODINÂMICO

A validação do modelo foi realizada para o período referente às campanhas de campo, efetuadas nos dias 21/10/2011 (maré de quadratura) e 11/11/2011 (maré de sizígia). As Figuras 25, 26 e 27 apresentam os resultados de níveis d'água, velocidades e vazões obtidos com a simulação, para o período da campanha de campo de out/2011, no píer da cidade de Cachoeira, Najé e PA1. Os coeficientes de determinação ficaram acima de 80%.

Figura 25: Marés previstos e simuladas na cidade de Cachoeira – BA

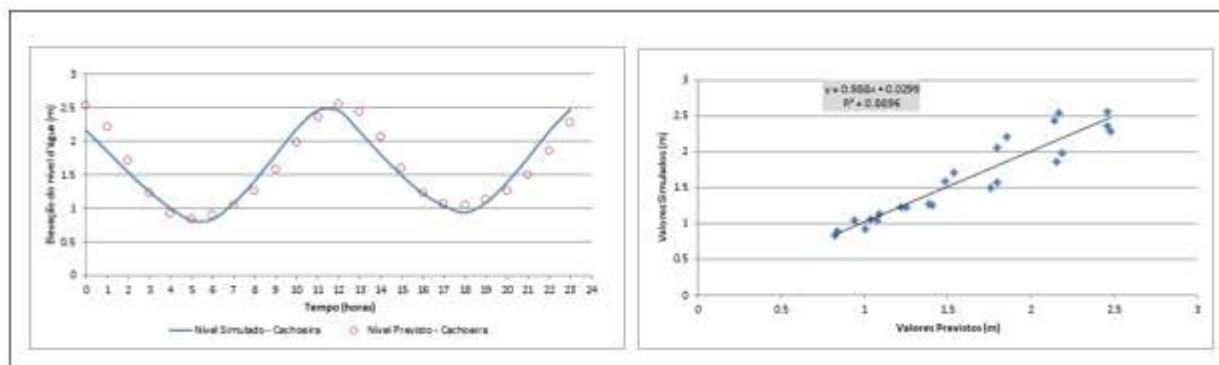


Figura 26: Marés previstos e simuladas no Pier da cidade de Najé – BA

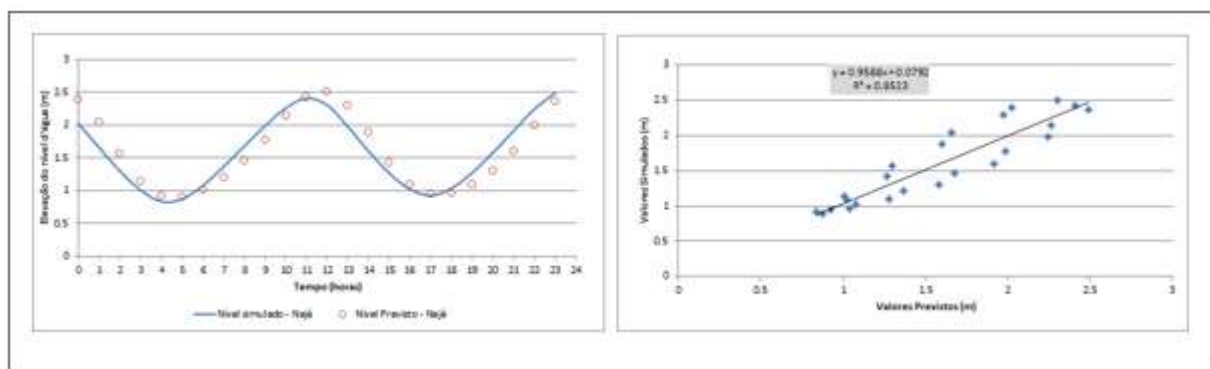
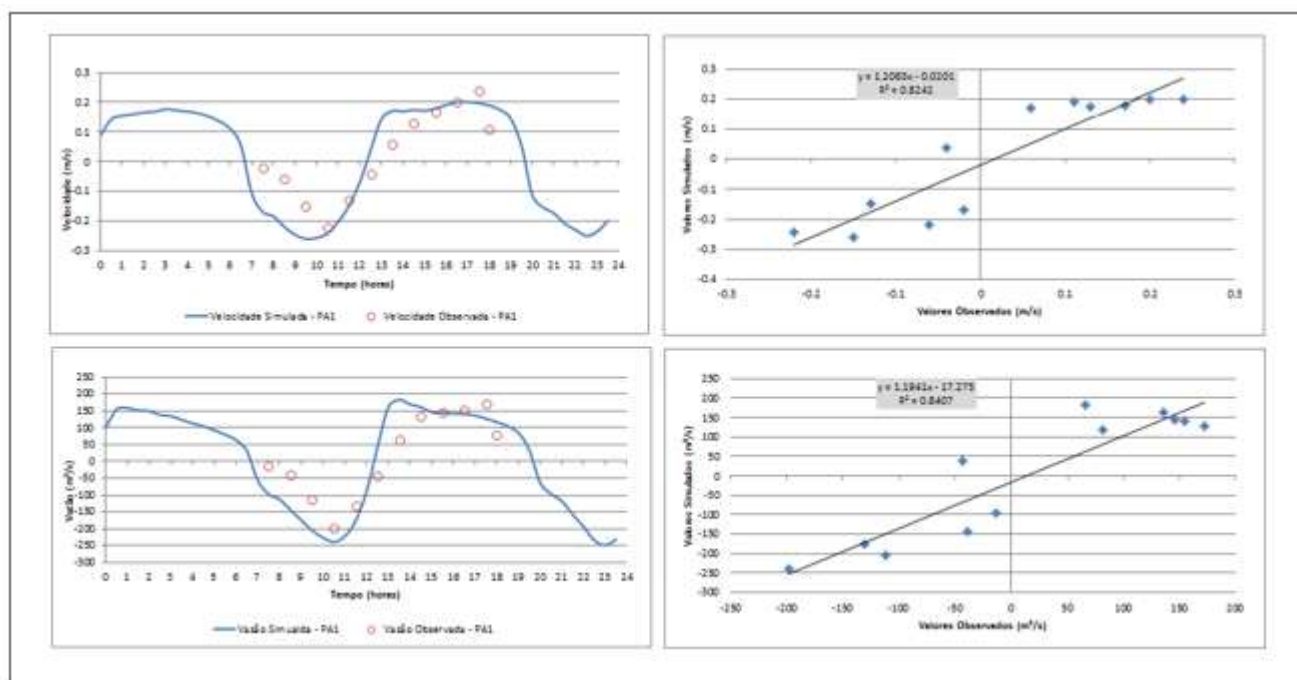


Figura 27: Velocidades e vazões simuladas e medidas no PA1



A Tabela 8 apresenta os valores finais dos coeficientes de desempenho do modelo para a validação de out/2011, onde é possível verificar que os valores simulados são satisfatórios, uma vez que os valores de correlação de Pearson estão acima de 90%.

Tabela 8: Correlação de Pearson para Validação de Out/11

Parâmetros/Coefficientes	Correlação de Pearson
Nível Cachoeira	94,32%
Nível Najé	92,32%
Velocidade PA1	90,78%
Vazão PA1	91,69%

As Figuras 28, 29 e 30 apresentam os resultados de níveis d'água, velocidades e vazões obtidos com a simulação, para o período da campanha de campo de nov/2011, no píer da cidade de Cachoeira, Najé e PA1. Os coeficiente de determinação acima de 85%.

Figura 28: Marés previstos e simuladas no Pier da cidade de Cachoeira – BA

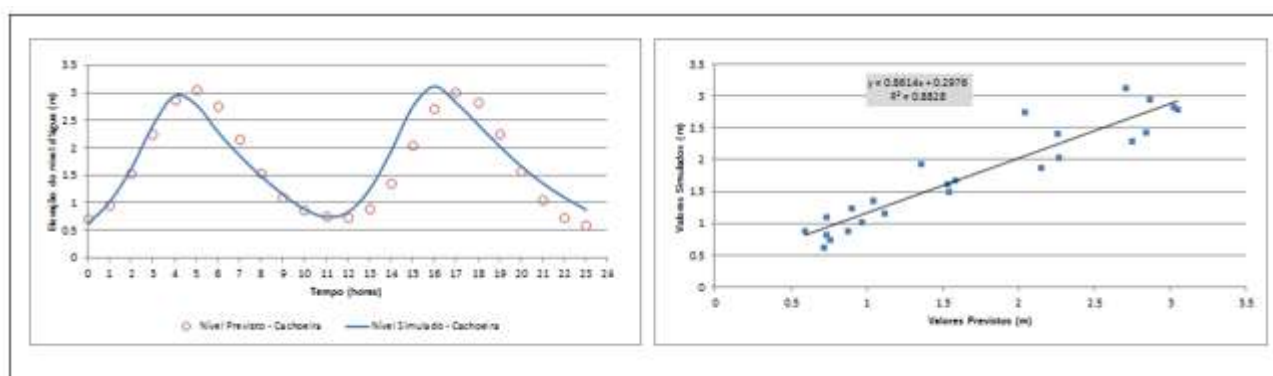


Figura 29: Marés previstos e simuladas no Pier da cidade de Najé – BA

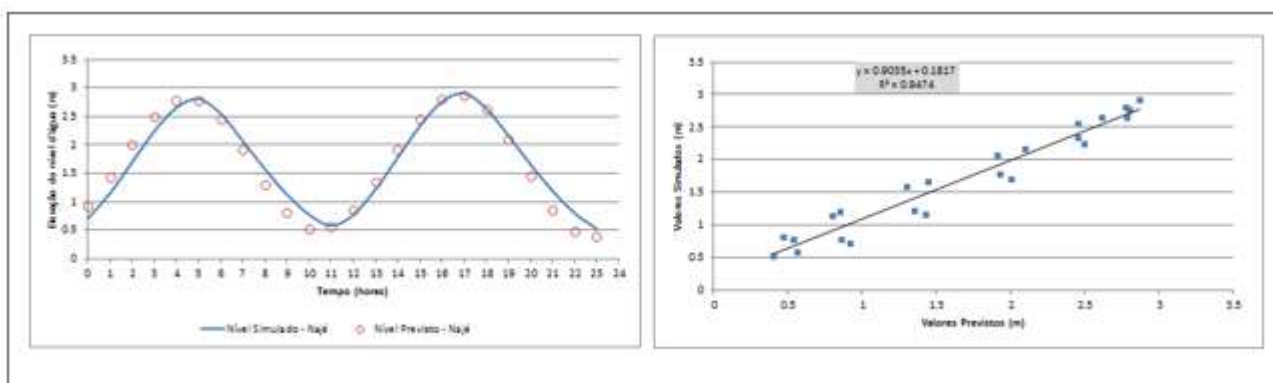
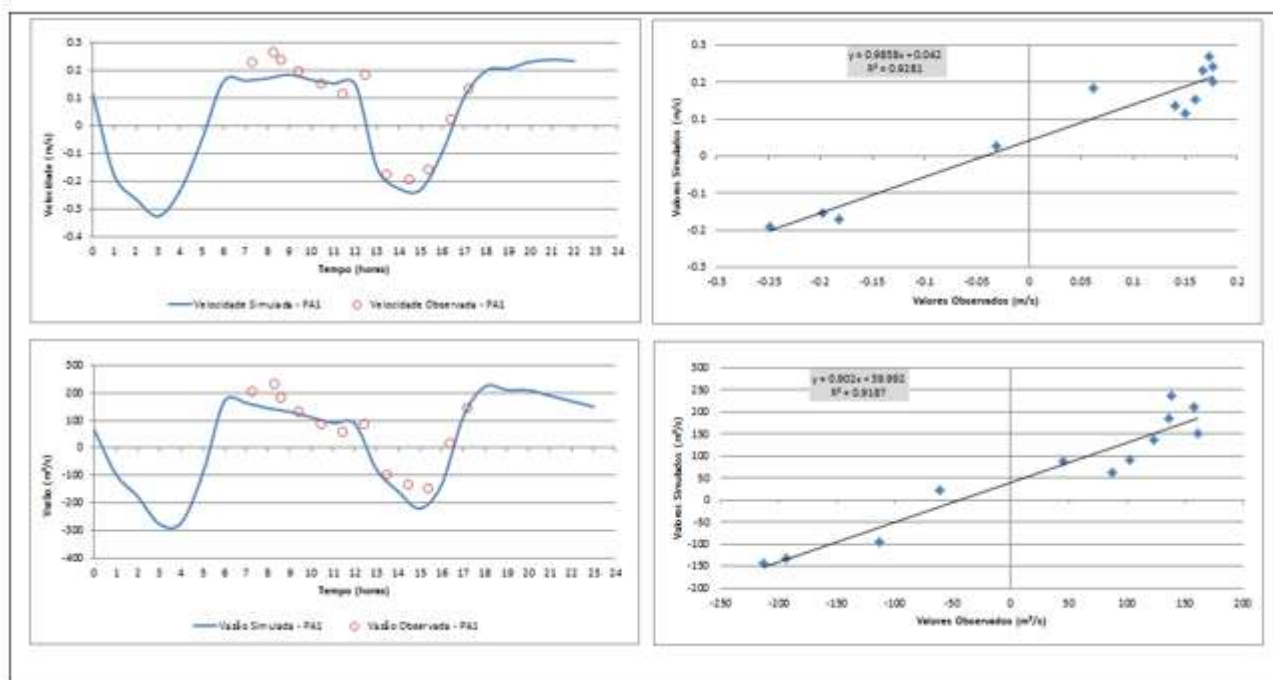


Figura 30: Veocidades e vazões observadas e simuladas no PA1



A Tabela 9 apresenta os valores finais dos coeficientes de desempenho do modelo para a validação de Nov/2011, onde é possível verificar que os valores simulados são satisfatórios, uma vez que os valores de correlação de Pearson estão acima de 90%.

Tabela 9: Correlação de Pearson para Validação de Nov/11

Parâmetros/Coefficientes	Correlação de Pearson
Nível Cachoeira	93,96%
Nível Najé	97,33%
Velocidade PA1	96,34%
Vazão PA1	95,85%

6.3 SIMULAÇÕES DE CENÁRIOS

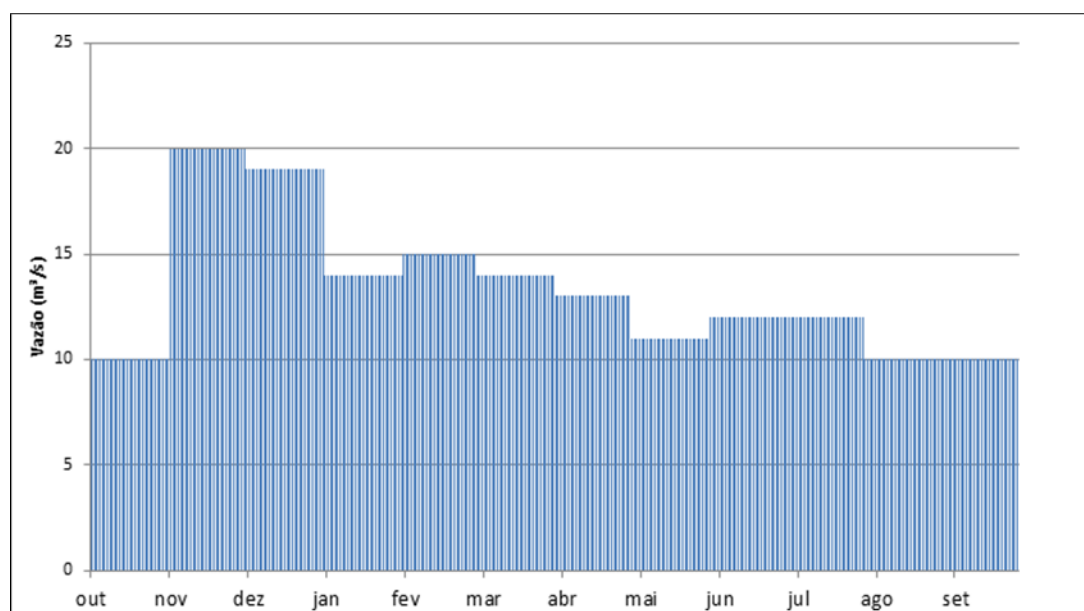
Após a calibração e validação do modelo hidrodinâmico foram realizadas simulações computacionais para três cenários: ano seco; ano úmido e vazão de restrição. Estes cenários foram definidos a partir das regras operacionais adotadas pela Votorantim; do estudo do regime de vazões ambientais a jusante da UHE de Pedra do Cavalo – Baía de Iguape, desenvolvido pela UFBA/INEMA (ano seco e ano úmido); e na necessidade de avaliação da capacidade efetiva de escoamento da calha do trecho fluvioestuarino do rio Paraguaçu para vazões extremas (vazão de restrição).

Os registros marégraficos foram computado por meio do módulo de previsão de maré do SisBaHiA, utilizando as constantes harmônicas da estação maregráfica de São Roque, corrigida para a fronteira aberta. As elevações do nível d'água estão referenciadas ao nível médio da DHN.

6.3.1 CENÁRIO 1 – ANO SECO

O hidrograma do ano seco refere-se ao hidrograma ambiental definido pelo estudo do regime de vazões ambientais a jusante da UHE de Pedra do Cavalo – Baía de Iguaçu, desenvolvido pela UFBA/INEMA. A simulação hidrodinâmica do ano seco foi realizada para o período de outubro de 2011 a setembro de 2012. Com isso pretende-se avaliar as condições hidrodinâmicas a jusante da barragem para um ano hidrológico tipicamente seco, analisando a variação de nível d'água, velocidade e vazão nos Pontos Amostrais durante o ano hidrológico. A Figura 31 apresenta as vazões fluviais médias diárias propostas para o ano seco. Estas vazões foram implementadas no modelo hidrodinâmico como um dado de entrada, levando em consideração o regime operacional adotado pela Votorantim, por exemplo, para uma vazão média diária de 11 m³/s aciona-se uma das turbinas da UHE liberando 45,35 m³/s durante seis horas, com isso a média diária defluente da barragem é $45,35 \times 6 / 24 = 11,3$ m³/s.

Figura 31: Vazões fluviais para o ano seco - out/11 a set/12

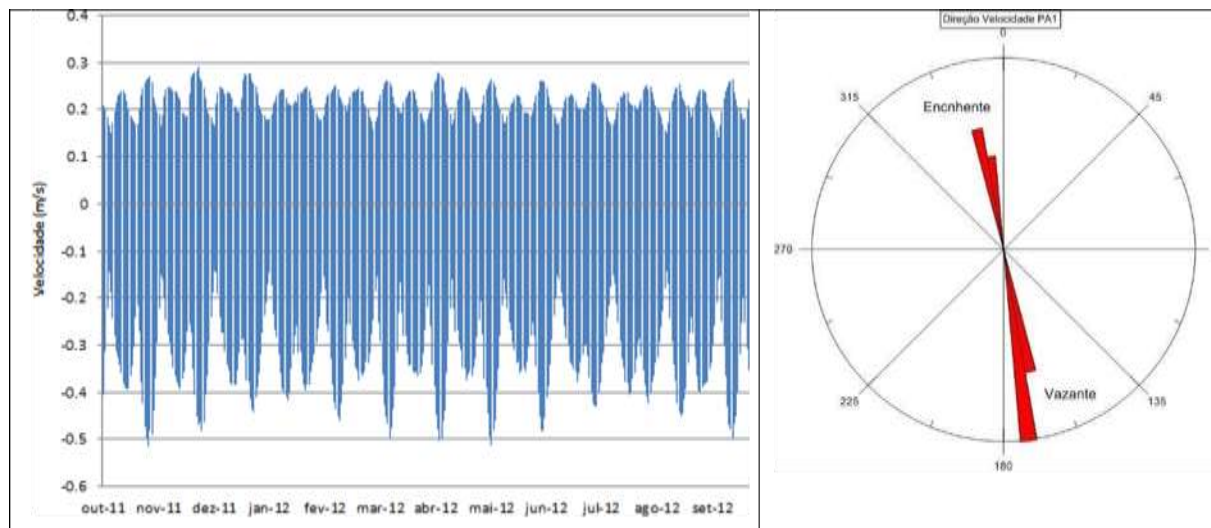


Fonte: MEDEIROS et al. (2013).

Assim, considerando essas vazões fluviais e a variabilidade do regime das marés para o mesmo período, chegou-se aos resultados apresentados na Figura 32, para o Ponto Amostral 1. Observa-se que, a variação astronômica das marés prevalece aos caudais fluviais, com maior intensidade nas

marés equinociais (20/março à 20/junho e 22/setembro à 20/dezembro); e com menor força nas marés de solstícios (21/junho à 21/setembro e 21/dezembro à 19/março).

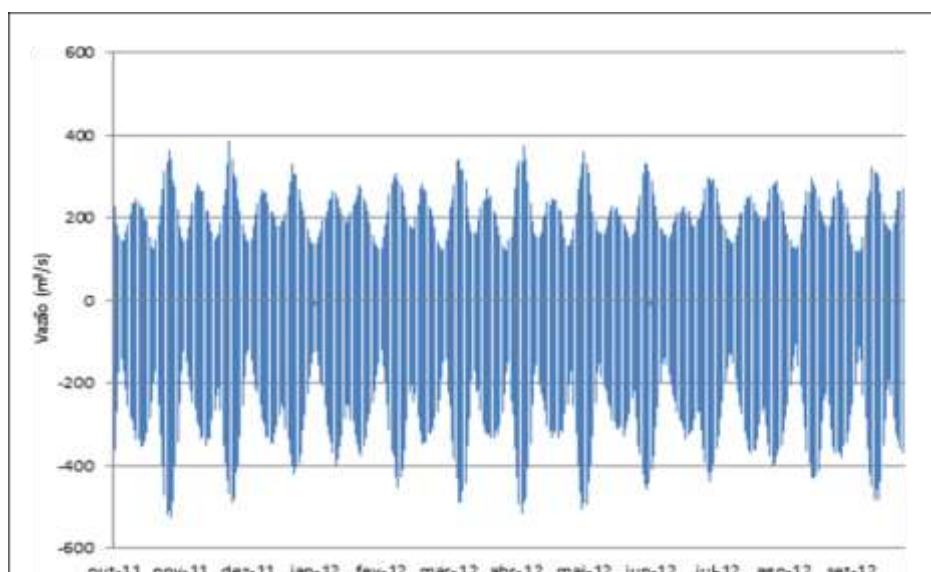
Figura 32: Velocidades simuladas para o ano seco no PA1



No PA1 as correntes variam de -0,5 m/s na enchente, na direção predominante de 350º e 0,30 m/s na vazante, na direção predominante de 170º.

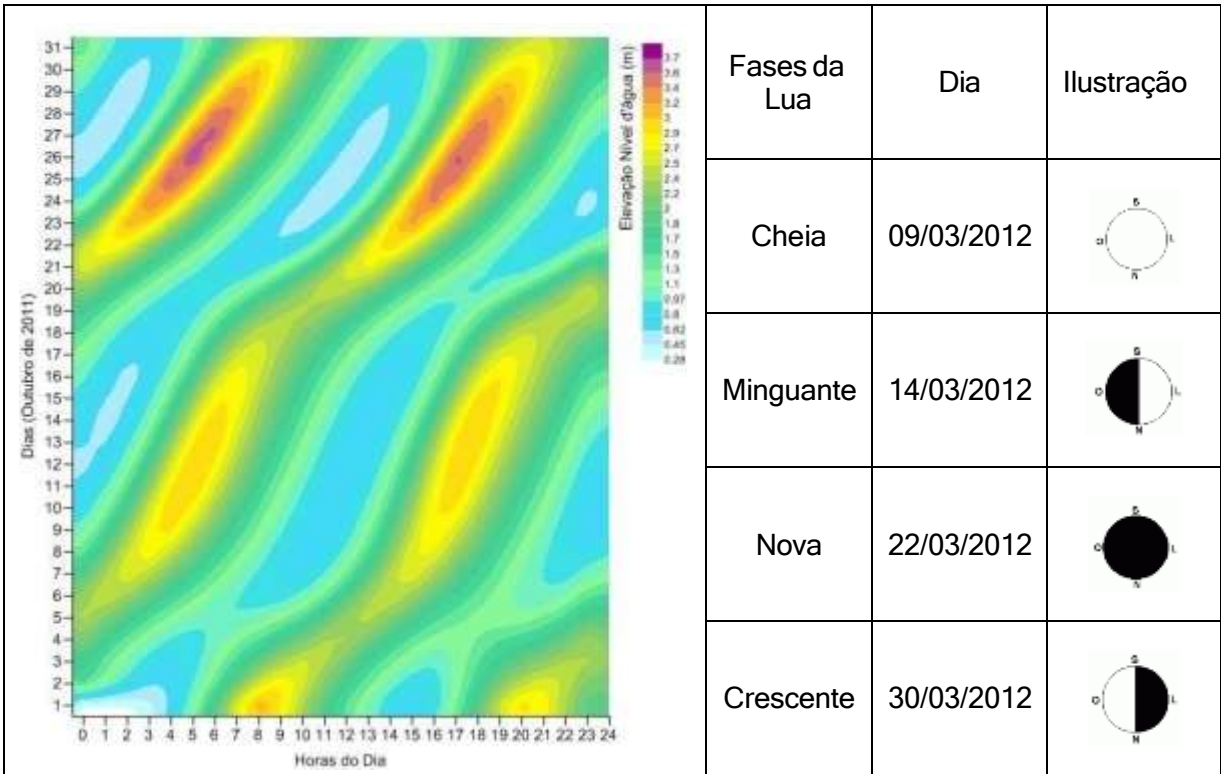
As vazões obtidas a partir da simulação do cenário de ano seco para o PA1 estão apresentadas na Figura 33. Observa-se que neste PA as vazões variam de -500 m³/s na enchente com maré de sizígia a -300 m³/s na enchente com maré de quadratura. Por outro lado, na vazante as vazões variam de 450 m³/s na maré de sizígia a 300 m³/s na maré de quadratura. Observa-se também os altos valores de vazão no período de dez/11 a mar/12, que corresponde aos meses com maior aporte de água fluvial.

Figura 33: Vazões simuladas para o ano seco no PA1



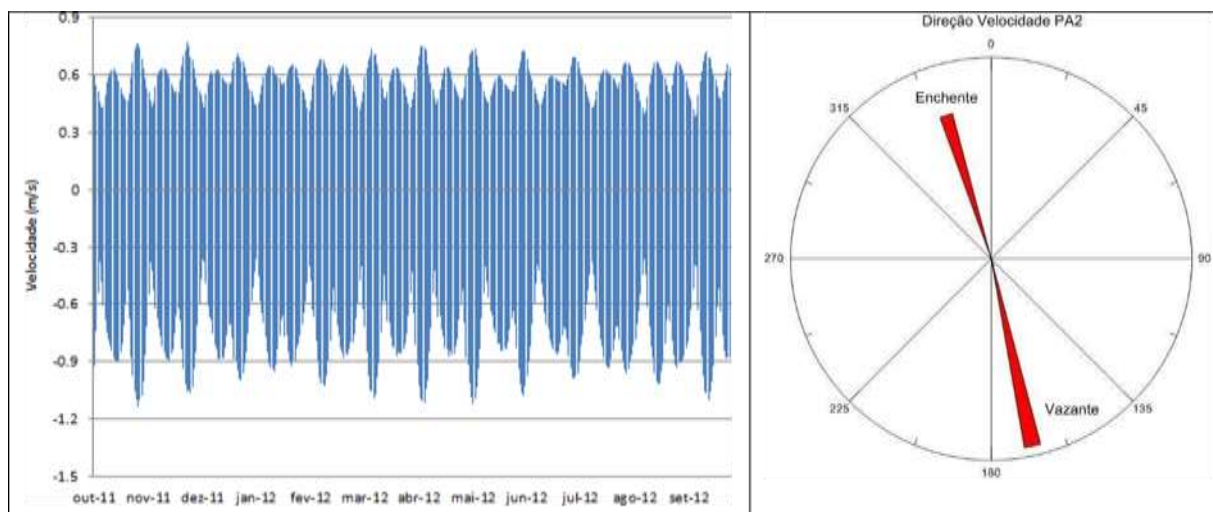
Os maiores valores de vazão e elevação do nível d’água ocorreram na baixa- mar de sizígia do dia 26/10/2011, com valores respectivamente de -526 m³/s e 3,95 m. A Figura 34 apresenta a variabilidade hidrodinâmica do PA1 no mês de outubro de 2011, onde as áreas mais escuras referem-se ao estofo de enchente e as áreas mais claras ao estofo de vazante. Além disso, observa-se que as maiores vazões e elevações ocorreram por volta quatro horas da manhã e por volta das dezessete horas da tarde do dia 26/10/2011.

Figura 34: Variação de nível d’água no PA1 para o ano seco



Os resultados obtidos para o PA2 para o cenário de ano seco estão apresentados na Figura 35.

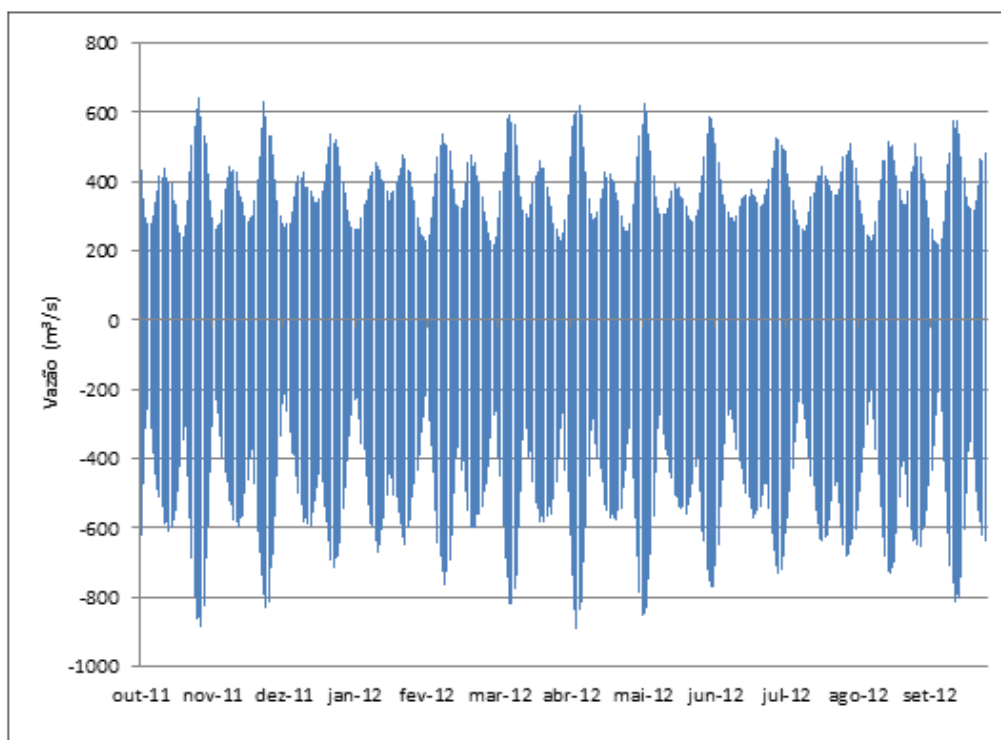
Figura 35: Velocidades simuladas para o ano seco no PA2



No PA2 as correntes variam de -1,1 m/s na enchente, na direção predominante de 343° e 0,7 m/s na vazante, na direção predominante de 165°.

As vazões obtidas a partir da simulação do cenário de ano seco para o PA2 estão apresentadas na Figura 36. Observa-se que neste PA as vazões variam de -850 m³/s na enchente com maré de sizígia a -600 m³/s na enchente com maré de quadratura. Por outro lado, na vazante as vazões variam de 600 m³/s na maré de sizígia a 400 m³/s na maré de quadratura.

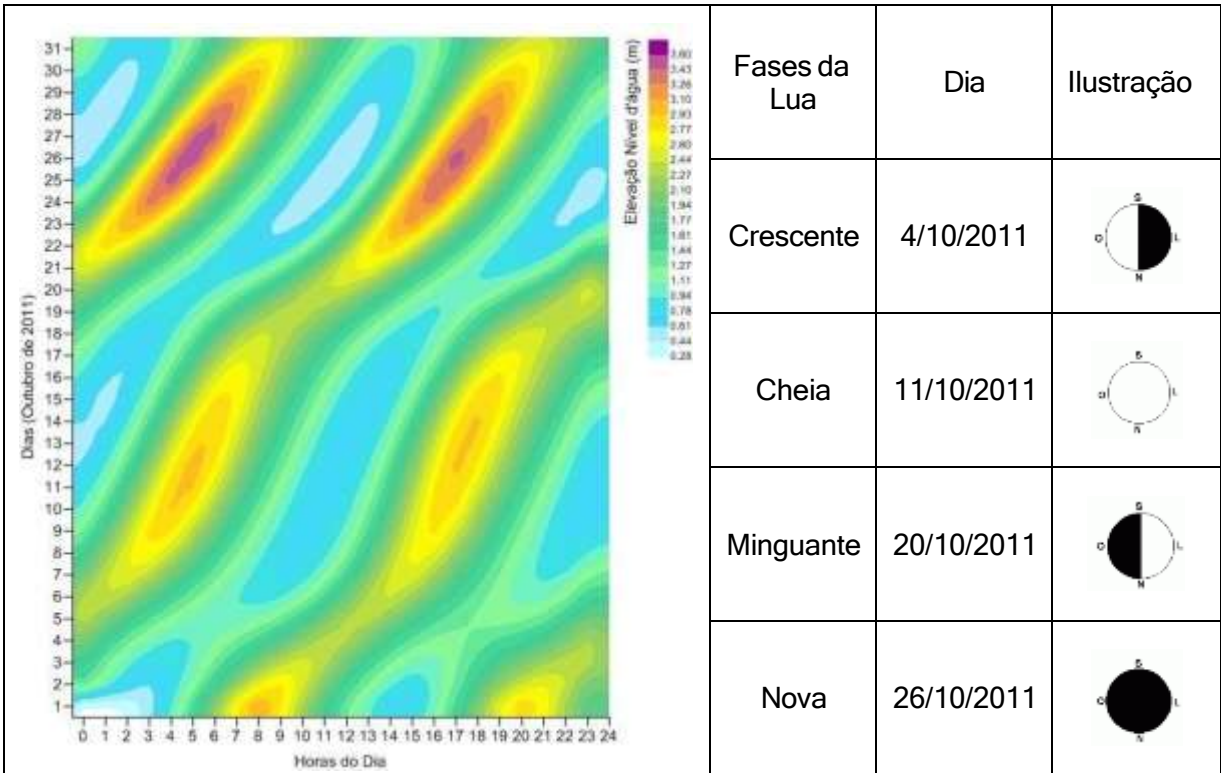
Figura 36: Vazões simuladas para o ano seco no PA2



Os maiores valores de vazão e elevação do nível d’água ocorreram na preamar de sizígia do dia 26/10/2011, com valores respectivamente de - 884 m³/s e 3,60

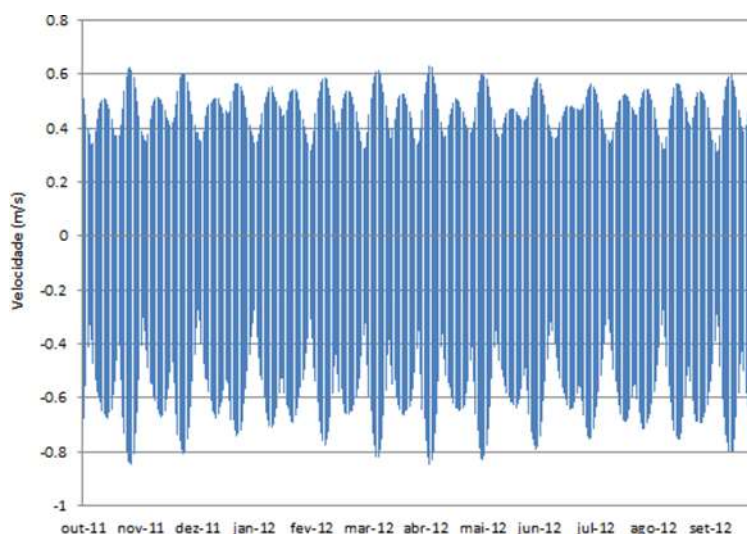
m. A Figura 37 apresenta a variabilidade hidrodinâmica do PA2 no mês de outubro de 2011, onde as áreas mais escuras referem-se as enchentes e as áreas mais claras as vazantes. Além disso, observa-se que as maiores vazões e elevações ocorreram por volta quatro horas da manhã e por volta das dezessete horas da tarde do dia 26/10/2011.

Figura 37: Variação de nível d’água no PA2 para o ano seco



Os resultados obtidos para o PA3 para o cenário do ano úmido estão apresentados na Figura 38.

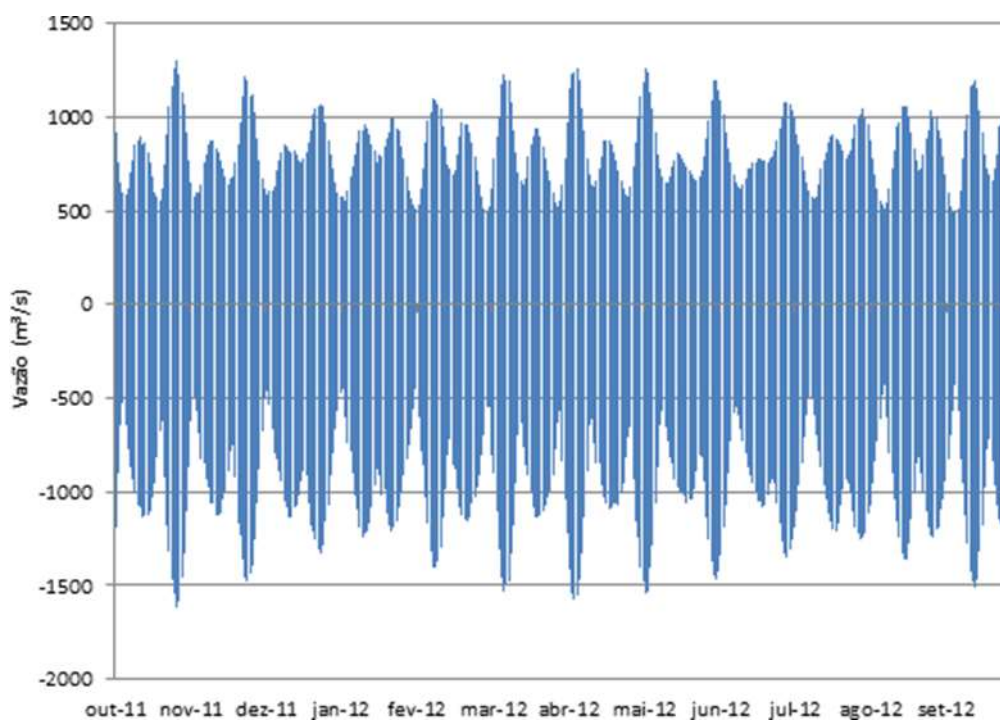
Figura 38: Velocidades simuladas para o ano seco no PA3



No PA3 as correntes variam de -0,8 m/s na enchente, na direção predominante de 300° e 0,6 m/s na vazante, na direção predominante de 124°.

As vazões obtidas a partir da simulação do cenário de ano seco para o PA3 estão apresentadas na Figura 39. Observa-se que neste PA as vazões variam de -1600 m³/s na enchente com maré de sizígia a -1200 m³/s na enchente com maré de quadratura. Por outro lado, na vazante as vazões variam de 1300 m³/s na maré de sizígia a 800 m³/s na maré de quadratura.

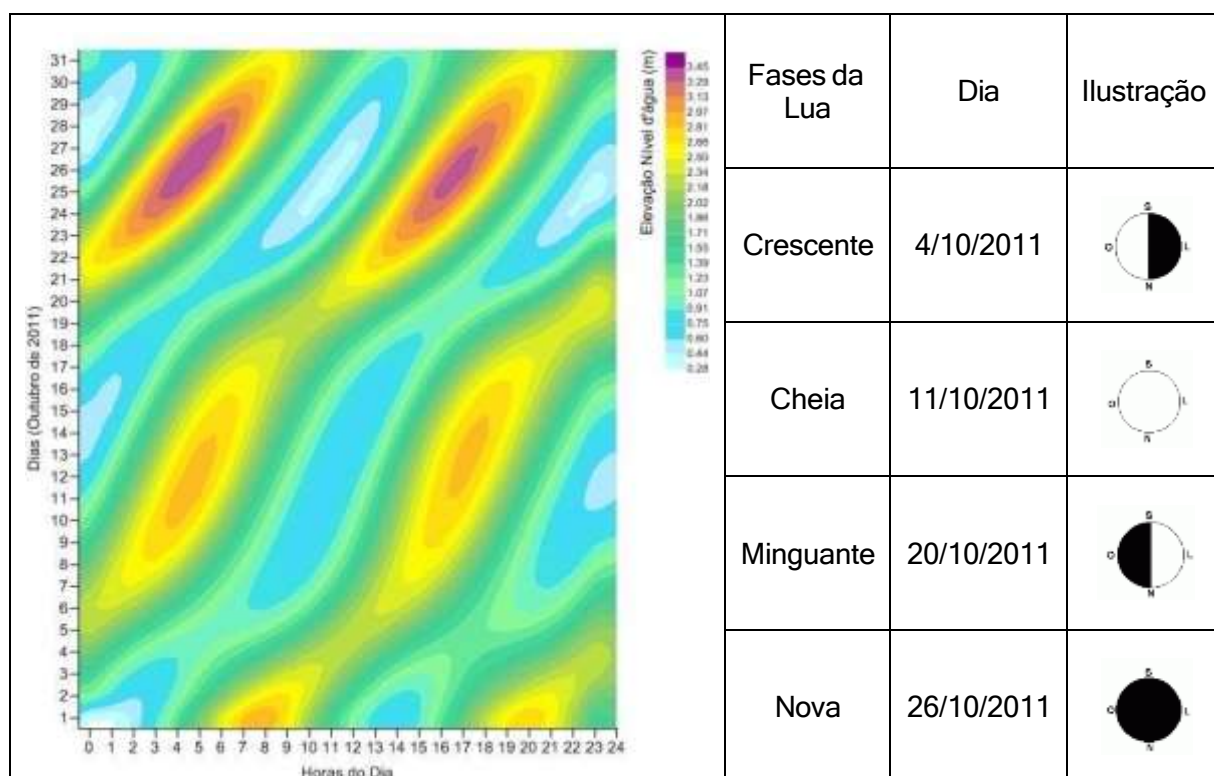
Figura 39: Vazões simuladas para o ano seco no PA3



Os maiores valores de vazão e elevação do nível d'água ocorreram na preamar de sizígia do dia 26/10/2011, com valores respectivamente de - 1620 m³/s e 3,39

m. A Figura 40 apresenta a variabilidade hidrodinâmica do PA3 no mês de outubro de 2011, onde as áreas mais escuras referem-se as enchentes e as áreas mais claras as vazantes. Além disso, observa-se que as maiores vazões e elevações ocorreram por volta quatro horas da manhã e por volta das dezessete horas da tarde do dia 26/10/2011, que corresponde a fase da lua nova (maré de sizígia).

Figura 40: Variação de nível d'água no PA3 para o ano seco

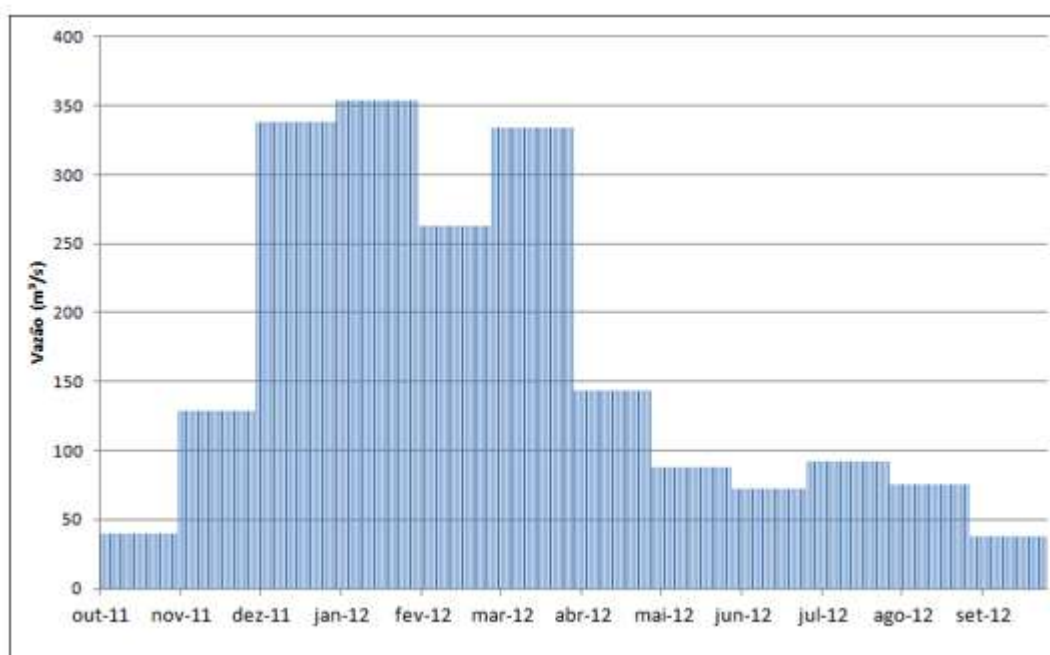


6.3.2 CENÁRIO 2 – ANO ÚMIDO

O hidrograma do ano úmido, assim como o do ano seco foi definido a partir do estudo do regime de vazões ambientais a jusante da UHE de Pedra do Cavalo – Baía de Iguape, desenvolvido pela UFBA/INEMA. A simulação hidrodinâmica do ano úmido foi realizada para o mesmo período do Ano seco (outubro de 2011 a setembro de 2012). Com isso pretende-se avaliar as condições hidrodinâmicas a jusante da barragem para um ano hidrológico tipicamente úmido, analisando a variação de nível d'água, velocidade e vazão nos Pontos Amostrais durante o ano hidrológico. A Figura 41 apresenta as vazões fluviais médias diárias propostas para o ano úmido. Estas vazões foram computadas no modelo hidrodinâmico como um dado de entrada, levando em consideração o regime operacional adotado

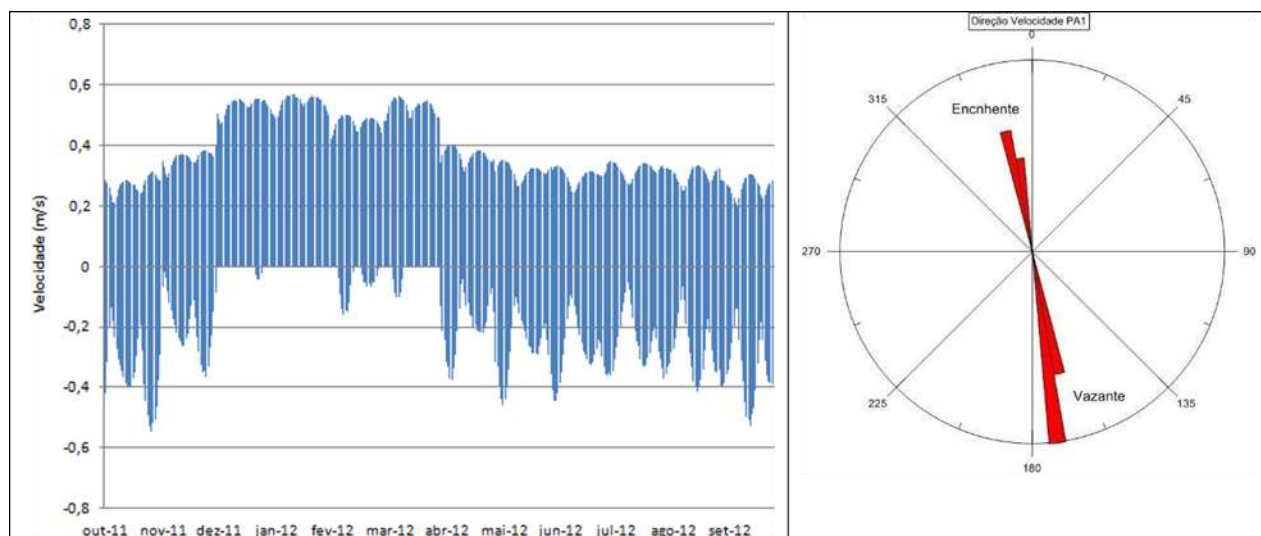
pela Votorantim, quando a vazão deste hidrograma estava abaixo da capacidade das duas turbinas da UHE, isto é, cerca de 160 m³/s, pois quando as vazões estão acima deste valor as turbinas irão funcionar durante as 24 horas do dia e, além disso, será necessário abrir uma das comportas afim de complementar as vazões defluentes, atingindo dessa forma o valor da vazão proposta no hidrograma. Por exemplo, para uma vazão de 350 m³/s serão acionados as duas turbinas com capacidade de 80 m³/s cada uma, totalizando 160 m³/s, e para completar os 350 m³/s será necessário liberar pelas comportas cerca de 190 m³/s. Dessa forma, quando as vazões do hidrograma de vazão ambiental ultrapassar a capacidade das turbinas, as vazões defluentes serão constantes durante todo o dia, diferentemente do ano seco. Esse fato tem forte impacto na hidrodinâmica a jusante da barragem, pois as vazões fluviais serão constantes durante o dia independente das oscilações das marés.

Figura 41: Vazões fluviais para o ano úmido - out/11 a set/12



Assim, considerando essas vazões fluviais e a variabilidade do regime das marés para o mesmo período, chegou-se aos resultados apresentados na Figura 42, para o Ponto Amostral 1. Observa-se que, assim como no cenário de ano seco, a variação astronômica das marés prevalece aos caudais fluviais, com maior intensidade nas marés equinociais (20/março à 20/junho e 22/setembro à 20/dezembro); e com menor força nas marés de solstícios (21/junho à 21/setembro e 21/dezembro à 19/março).

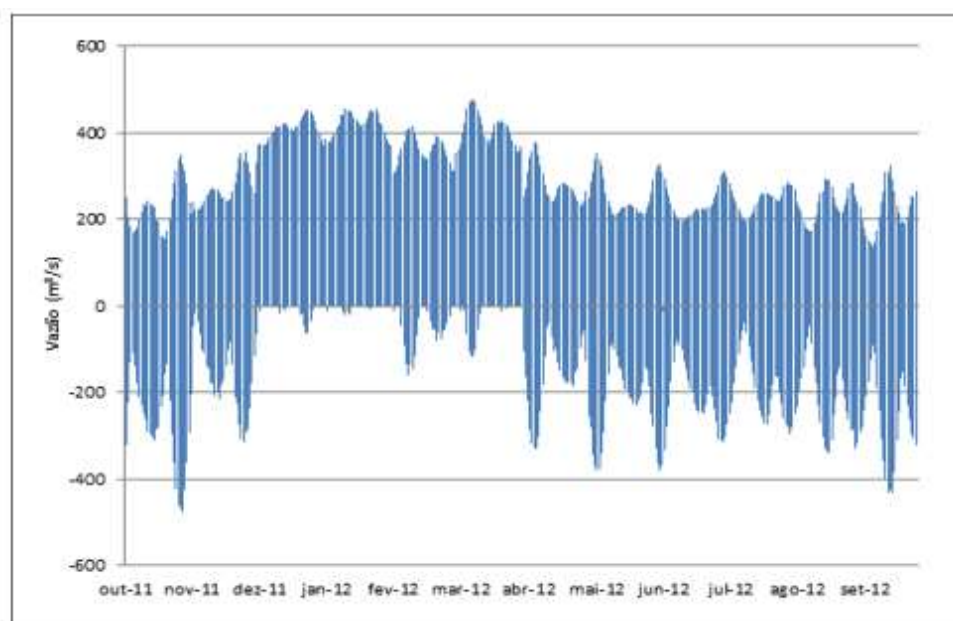
Figura 42: Velocidades simuladas para o ano úmido no PA1



No PA1, as velocidades das correntes variam de -0,5 m/s na enchente, na direção predominante de 350° e 0,55 m/s na vazante, na direção predominante de 170°.

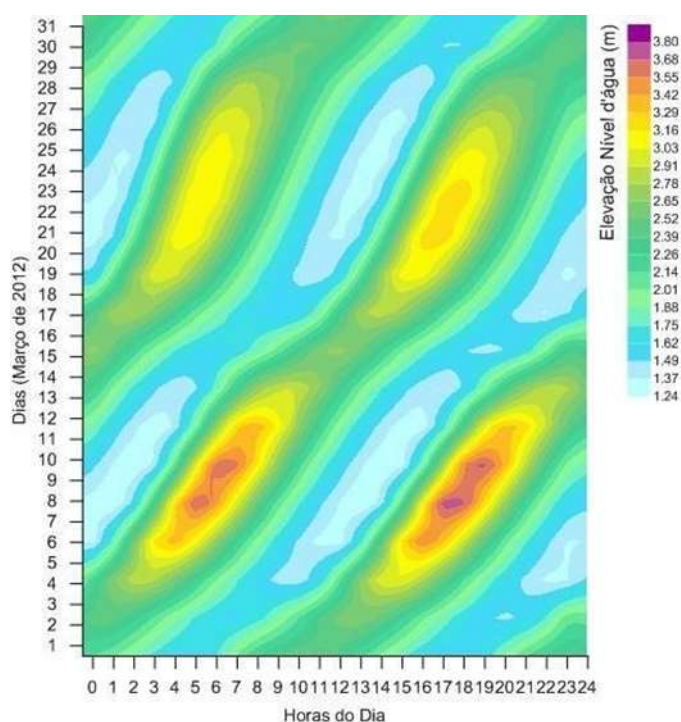
As vazões obtidas a partir da simulação do cenário úmido para o PA1 estão apresentadas na Figura 43. Observa-se que neste PA as vazões variam de - 500 m³/s na enchente com maré de sizígia a -300 m³/s na enchente com maré de quadratura. Por outro lado, na vazante as vazões variam de 450 m³/s na maré de sizígia a 300 m³/s na maré de quadratura. Observa-se também os altos valores de vazão no período de dez/11 a mar/12, que corresponde aos meses com maior aporte de água fluvial.

Figura 43: Vazões simuladas para o ano úmido no PA1



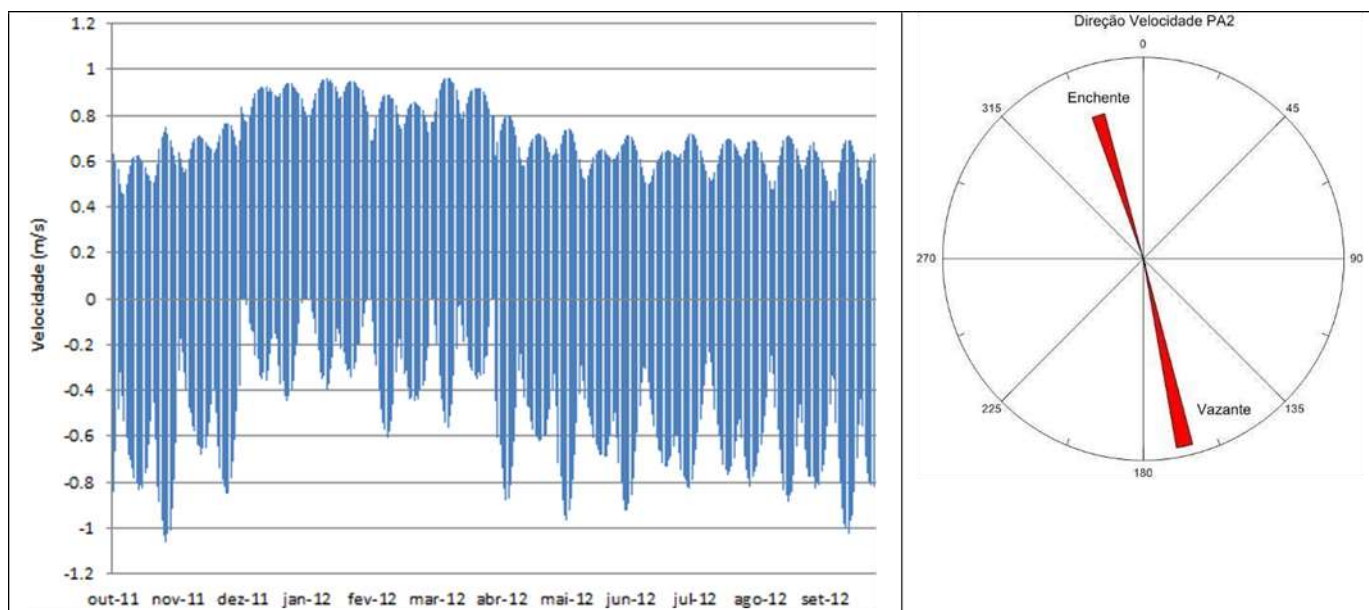
Os maiores valores de vazão e elevação do nível d'água ocorreram na baixa-mar de sizígia do dia 09/03/2012, com valores respectivamente de 479 m³/s e 3,80 m. A Figura 44 apresenta a variabilidade hidrodinâmica do PA1 no mês de março de 2012, onde as áreas mais escuras referem-se ao estofo de enchente e as áreas mais claras ao estofo de vazante. Além disso, observa-se que as maiores vazões e elevações ocorreram por volta quatro horas da manhã e por volta das dezessete horas da tarde do dia 09/03/2012, que corresponde a fase da lua cheia (maré de sizígia).

Figura 44: Variação de nível d'água no PA1 para o ano úmido



Os resultados obtidos para o PA2 para o cenário de ano úmido estão apresentados na Figura 45.

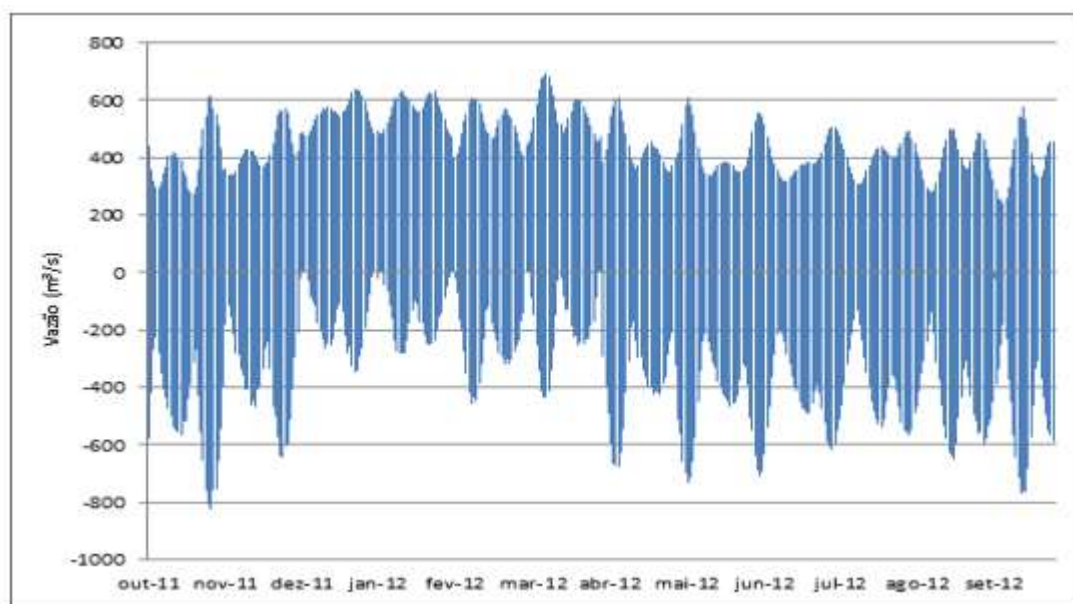
Figura 45: Velocidades simuladas para o ano úmido no PA2



No PA2, as velocidades das correntes variam de -1,0 m/s na enchente, na direção predominante de 343º e 0,9 m/s na vazante, na direção predominante de 165º.

As vazões obtidas a partir da simulação do cenário de ano úmido para o PA2 estão apresentadas na Figura 46. Observa-se que neste PA as vazões variam de -800 m³/s na enchente com maré de sizígia a -600 m³/s na enchente com maré de quadratura. Por outro lado, na vazante as vazões variam de 600 m³/s na maré de sizígia a 400 m³/s na maré de quadratura.

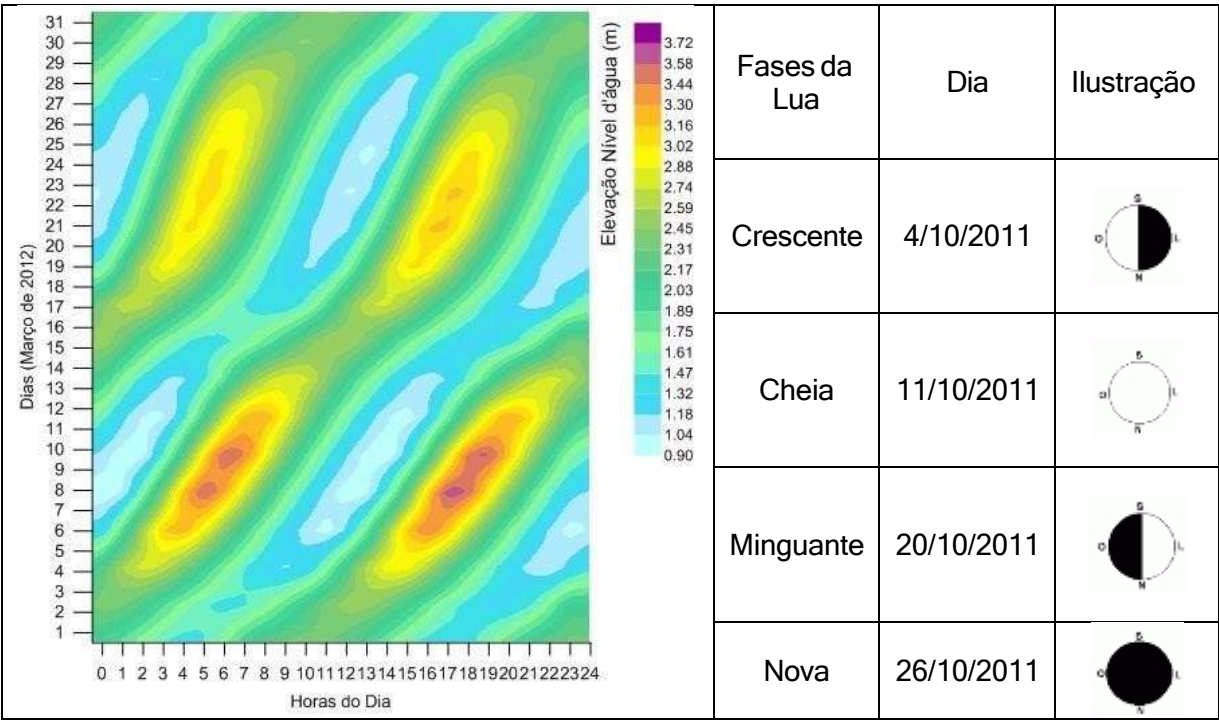
Figura 46: Vazões simuladas para o ano úmido no PA2



Os maiores valores de vazão e elevação do nível d’água ocorreram na preamar de sizígia do dia 26/10/2011, com valores respectivamente de - 827 m³/s e 3,62

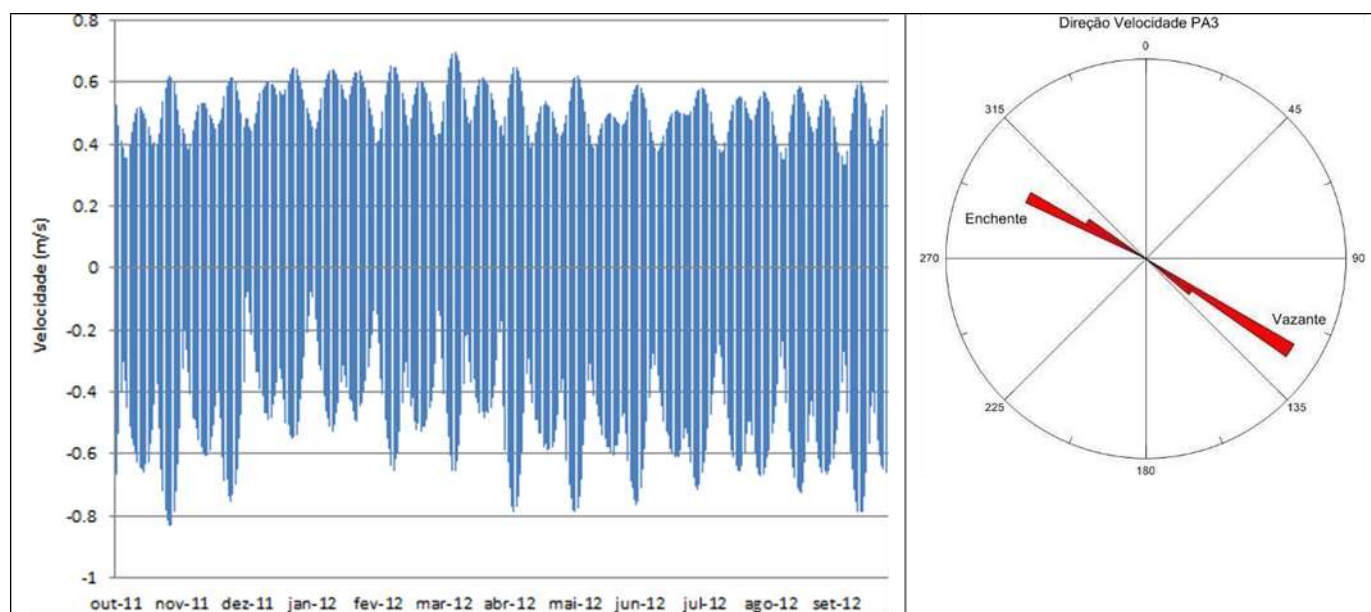
m. A Figura 47 apresenta a variabilidade hidrodinâmica do PA2 no mês de outubro de 2011, onde as áreas mais escuras referem-se as enchentes e as áreas mais claras as vazantes. Além disso, observa-se que as maiores vazões e elevações ocorreram por volta quatro horas da manhã e por volta das dezessete horas da tarde do dia 26/10/2011.

Figura 47: Variação de nível d’água no PA2 para o ano úmido



Os resultados obtidos para o PA3 para o cenário do ano úmido estão apresentados na Figura 48.

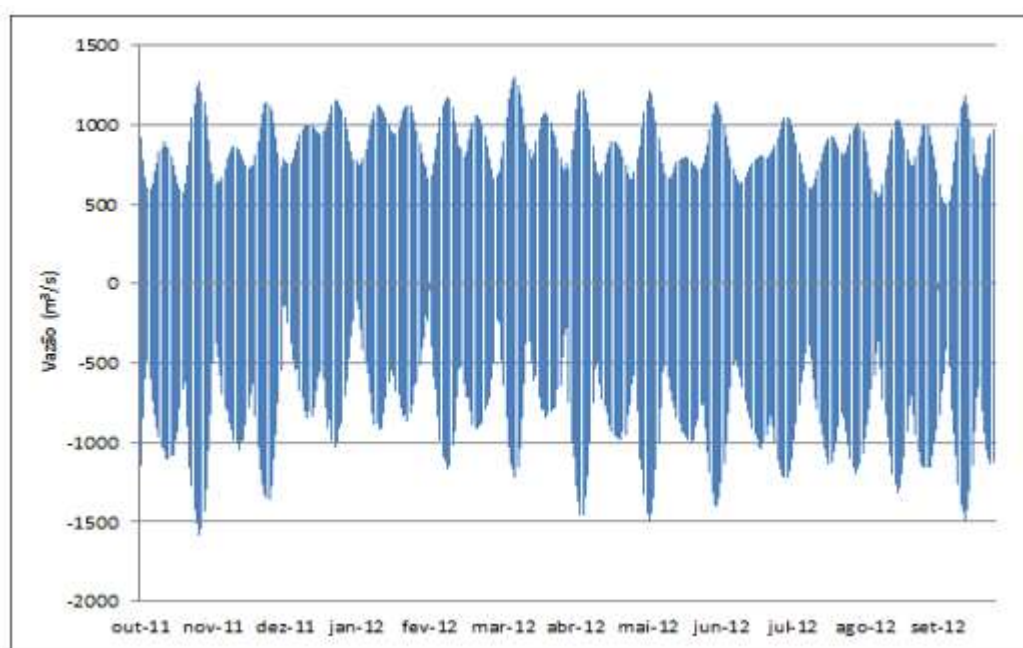
Figura 48: Velocidades simuladas para o ano úmido no PA3



No PA3, as velocidades das correntes variam de -0,8 m/s na enchente, na direção predominante de 300° e 0,6 m/s na vazante, na direção predominante de 124° .

As vazões obtidas a partir da simulação do cenário de ano úmido para o PA3 estão apresentadas na Figura 49. Observa-se que neste PA as vazões variam de -1600 m^3/s na enchente com maré de sizígia a -1200 m^3/s na enchente com maré de quadratura. Por outro lado, na vazante as vazões variam de 1300 m^3/s na maré de sizígia a 800 m^3/s na maré de quadratura.

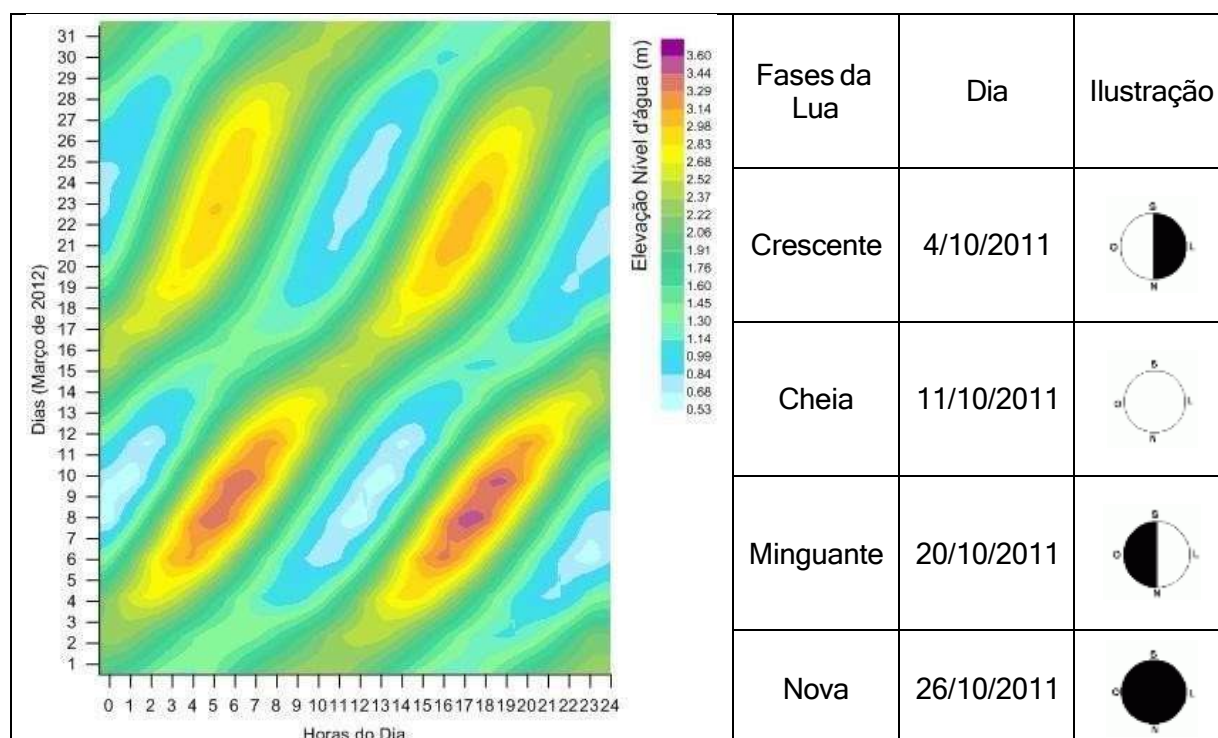
Figura 49: Vazões simuladas para o ano úmido no PA3



Os maiores valores de vazão e elevação do nível d'água ocorreram na preamar de sizígia do dia 26/10/2011, com valores respectivamente de - 1589 m³/s e 3,47

m. A Figura 50 apresenta a variabilidade hidrodinâmica do PA3 no mês de outubro de 2011, onde as áreas mais escuras referem-se as enchentes e as áreas mais claras as vazantes. Além disso, observa-se que as maiores vazões e elevações ocorreram por volta quatro horas da manhã e por volta das dezessete horas da tarde do dia 26/10/2011, que corresponde a fase da lua nova (maré de sizígia).

Figura 50: Variação de nível d'água no PA3 para o ano úmido

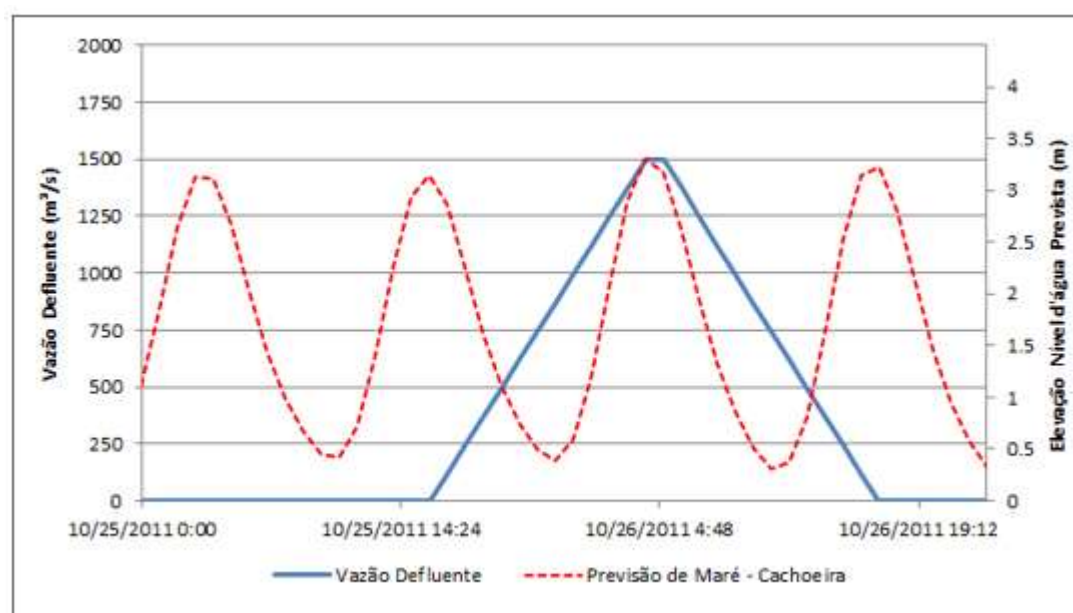


6.3.3 CENÁRIO 3 – VAZÃO DE RESTRIÇÃO

Um dos objetivos primordiais da construção da Barragem de Pedra do Cavalo é o de amortecimento de cheias, evitando a ocorrência de enchentes nas cidades de Cachoeira e São Félix. Assim, o controle adequado das cheias provenientes da bacia hidrográfica do rio Paraguaçu é extremamente importante. Neste sentido, a vazão de restrição ou vazão de restrição objetiva avaliar a efetiva capacidade de escoamento da calha do trecho fluvioestuarino do rio Paraguaçu para uma vazão defluente da barragem de 1.500,0 m³/s (correspondente ao tempo de recorrência de 30 anos), definida a partir dos estudos realizados pela Intertechne Consultores Associados S/C Ltda. e Iberdrola Engenharia do Brasil para a COELBA - Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia e pela Construtora Norberto Odebrecht S.A. (VOTORANTIM, 2010)

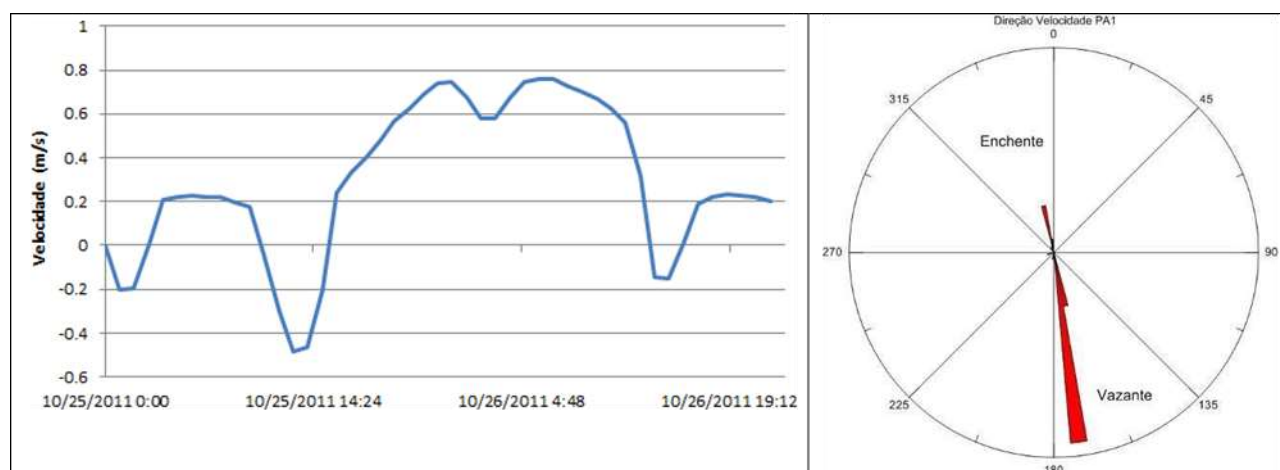
Para avaliação deste cenário foi considerado a ocorrência de um evento extremo: advento da vazão de 1.500,0 m³/s juntamente com a preamar de sizígia. Dessa forma, a simulação hidrodinâmica foi realizada para os dias 25 e 26 de outubro de 2011, que correspondem a maré de sizígia, coincidindo o pico do hidrograma defluente da barragem com a estofa de preamar da maré de sizígia prevista para a cidade de Cachoeira. A Figura 51 apresenta o hidrograma artificial elaborado para a simulação deste evento, onde a vazão defluente da barragem aumenta gradativamente a cada hora até atingir o pico máximo no dia e horário da preamar de sizígia.

Figura 51: hidrograma – Vazão de Restrição



Assim, considerando esse hidrograma e a variabilidade do regime das marés para o mesmo período, chegou-se aos resultados apresentados na Figura 52, para o Ponto Amostral 1.

Figura 52: Velocidades simuladas para a Vazão de restrição no PA1



No PA1, as velocidades das correntes variam de -0,5 m/s na enchente, na direção predominante de 350º e 0,70 m/s na vazante, na direção predominante de 170º.

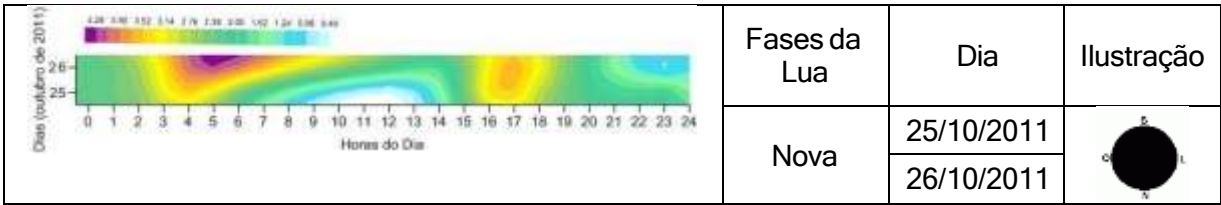
As vazões obtidas, a partir da simulação deste cenário para o PA1, estão apresentadas na Figura 53. Observa-se que neste PA as vazões variam de - 500 m³/s na enchente a 1.200,0 m³/s na vazante. Observa-se também que o hidrograma liberado pela barragem sofre uma dispersão neste PA, razão pela qual a vazão de pico é menor.

Figura 53: Vazões simuladas para a vazão de restrição – PA1



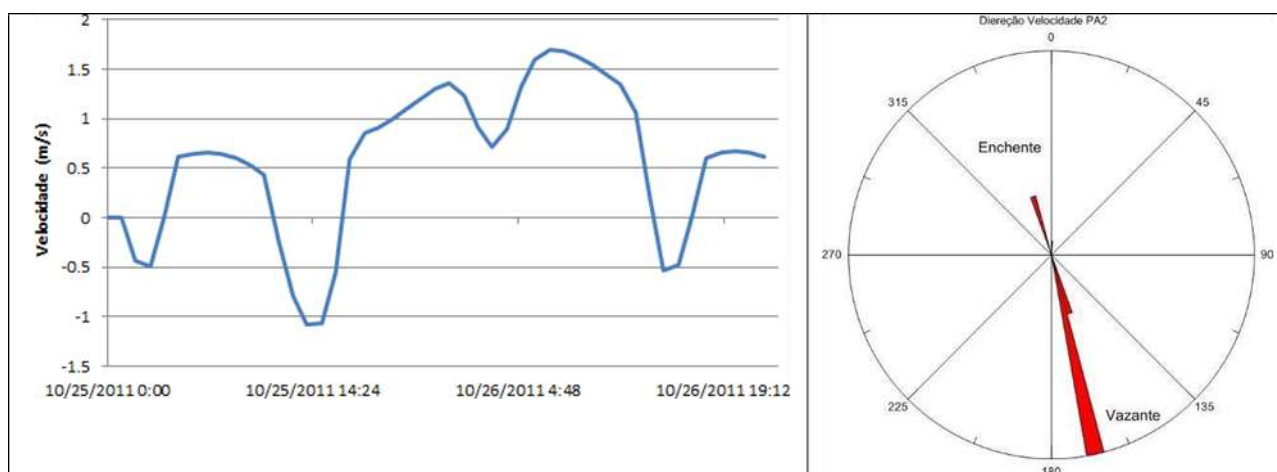
Os maiores valores de vazão e elevação do nível d’água ocorreram no pico do hidrograma defluente da barragem, com valores respectivamente de 1.230,0 m³/s e 4,26 m. A Figura 54 apresenta a variabilidade hidrodinâmica do PA1, onde as áreas mais escuras referem-se ao estofo de enchente e as áreas mais claras ao estofo de vazante.

Figura 54: Variação de nível d’água no PA1 – Vazão de restrição



Os resultados obtidos para o PA2 para o cenário de vazão de restrição estão apresentados na Figura 55.

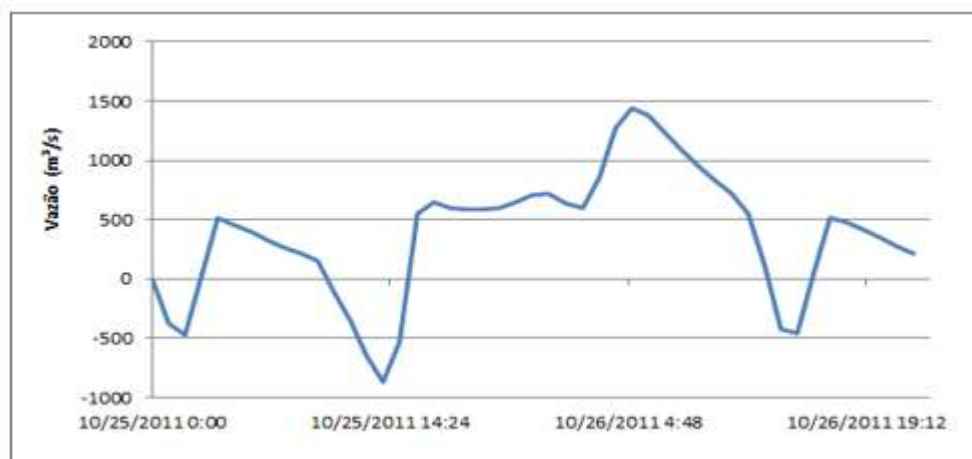
Figura 55: Velocidades simuladas para a vazão de restrição no PA2



No PA2, as velocidades das correntes variam de -1,1 m/s na enchente, na direção predominante de 350° e 1,6 m/s na vazante, na direção predominante de 170°.

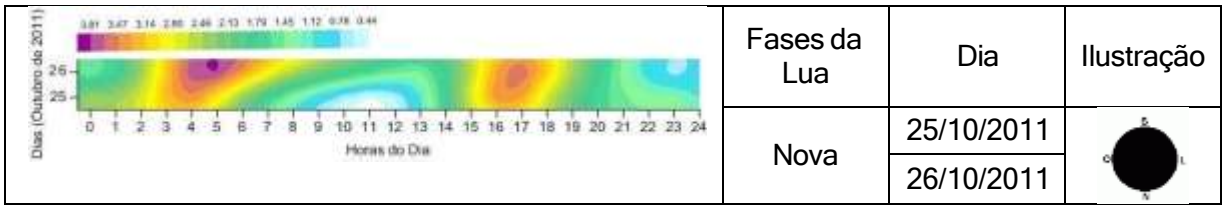
As vazões obtidas a partir da simulação do cenário de vazão de restrição para o PA2 estão apresentadas na Figura 56. Observa-se que neste PA as vazões variam de -900 m³/s na enchente a 1.500,0 m³/s na vazante. Observa-se também os altos valores de vazão no período que barragem começa a liberar água.

Figura 56: Vazões simuladas para a vazão de restrição – PA2



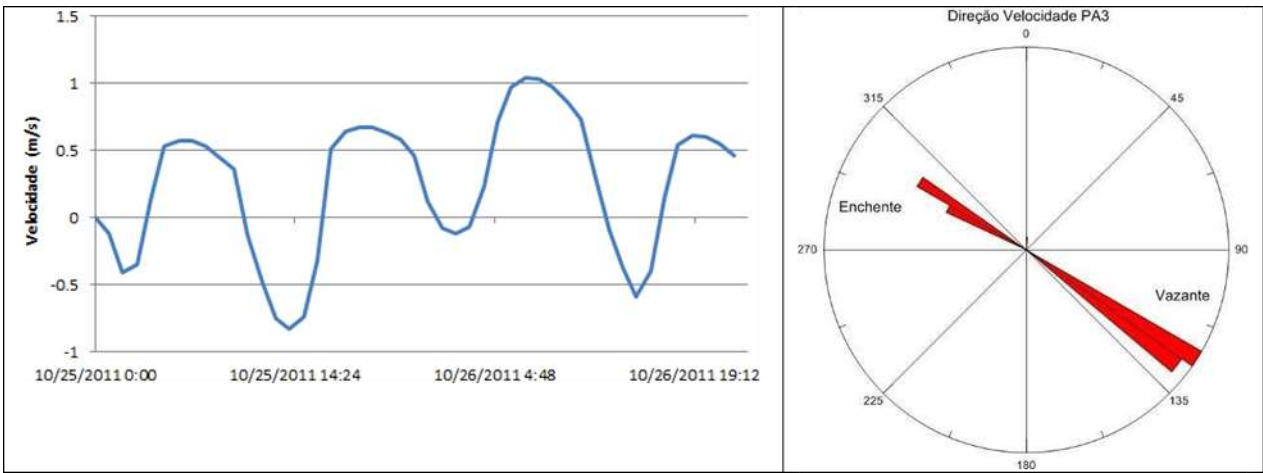
Os maiores valores de vazão e elevação do nível d'água ocorreram no pico do hidrograma defluente da barragem, com valores respectivamente de 1.442,0 m³/s e 3,80 m. A Figura 57 apresenta a variabilidade hidrodinâmica do PA2, onde as áreas mais escuras referem-se ao estofo de enchente e as áreas mais claras ao estofo de vazante.

Figura 57: Variação de nível d’água no PA2 – Vazão de restrição



Os resultados obtidos para o PA3 para o vazão de restrição estão apresentados na Figura 58.

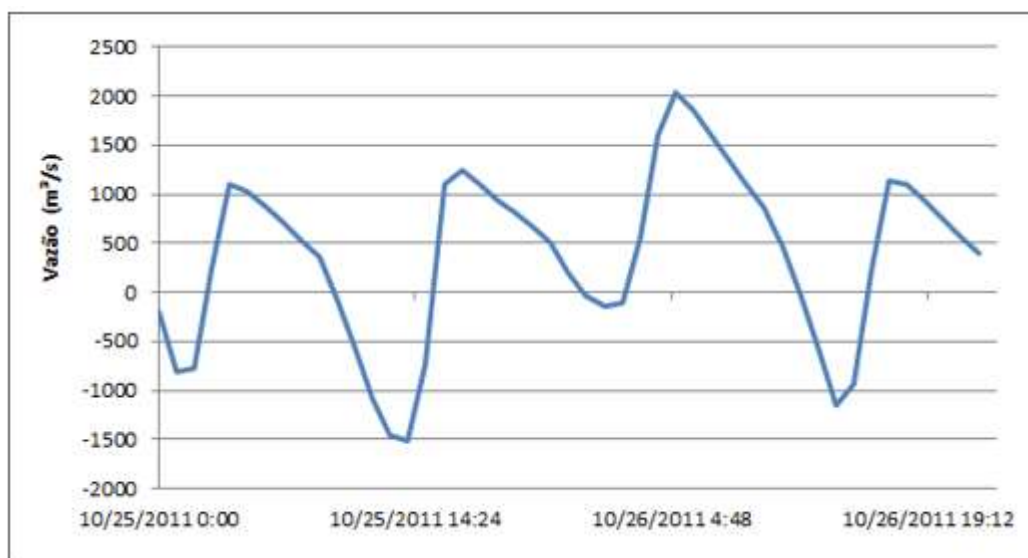
Figura 58: Velocidades simuladas para a vazão de restrição no PA3



No PA3, as velocidades das correntes variam de -0,8 m/s na enchente, na direção predominante de 350º a 1,1 m/s na vazante, na direção predominante de 170º.

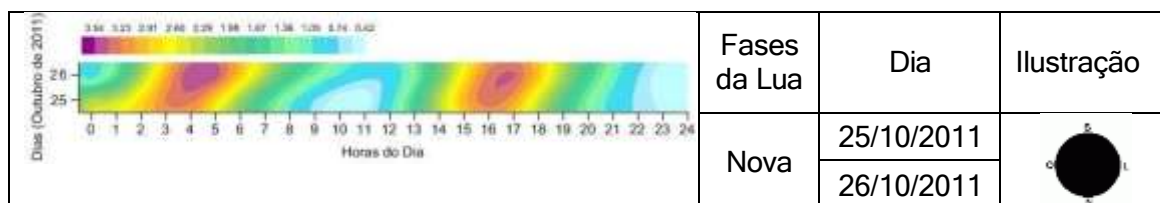
As vazões obtidas a partir da simulação do cenário de vazão de restrição para o PA3 estão apresentadas na Figura 59. Observa-se que neste PA as vazões variam de -1.650,0 m³/s na enchente a 2.000,0 m³/s na vazante. Observa-se também os altos valores de vazão no período que barragem começa a liberar água.

Figura 59: Vazões simuladas para a vazão de restrição – PA3



Os maiores valores de vazão e elevação do nível d'água ocorreram no pico do hidrograma defluente da barragem, com valores respectivamente de 2.029,0 m³/s e 3,53 m. A Figura 60 apresenta a variabilidade hidrodinâmica do PA3, onde as áreas mais escuras referem-se ao estofo de enchente e as áreas mais claras ao estofo de vazante.

Figura 60: Variação de nível d'água no PA3 – Vazão de restrição



7. ANÁLISE DAS ALTERAÇÕES

A análise efetiva das alterações hidrodinâmicas ocorridas devido à operação do barramento foi realizada por meio da comparação dos valores máximos de níveis d'água, correntes de velocidade e vazões obtidos nas simulações dos quatro cenários apresentados no item anterior nos três Pontos amostrais, conforme descrição a seguir.

7.1 PA1

O PA1 tem como principal característica a forte influencia fluvial, devido a sua localização – próximo à barragem.

O Quadro 2 apresenta os valores máximos de elevação do nível d'água, velocidades e vazões obtidos nas simulações para o PA1, sendo que os valores negativos indicam que o evento máximo ocorreu numa enchente e os valores positivos que o evento máximo ocorreu numa vazante.

Quadro 2: Valores máximos obtidos no PA1

Cenário	Nível d'água (m)	Velocidade (m/s)	Vazão (m³/s)
Ano seco	4,05	-0,51	-526,0
Ano Úmido	3,83	0,57	479,0
Vazão de Restrição	4,26	0,76	1.230,0

Para o ano seco verifica-se que a forçante de maré sobressai à forçante fluvial, pois o aporte de água continental para jusante do barramento foi relativamente pequeno. Assim, a hidrodinâmica neste Ponto Amostral, para esses cenários, está na mesma ordem de grandeza, com prevalência da forçante marinha.

Por outro lado, para o ano úmido e para o cenário de vazão de restrição, a forçante fluvial sobressai à forçante de maré, neste PA. A hidrodinâmica do ano úmido está na mesma ordem de grandeza do ano seco, porém no sentido contrário – prevalência fluvial. Essa diferença de sentido de escoamento impacta diretamente os parâmetros de qualidade da água - especialmente a salinidade, e consequentemente na ictiofauna, pois com o aporte de mais água doce os peixes de água salgada tendem a ficarem mais próximos à Baía de Iguape. Já os resultados obtidos para a vazão de restrição, demonstram que a hidrodinâmica neste PA é demasiadamente afetada. Para vazões defluentes da ordem de grandeza de 1.500,0 m³/s o escoamento processa-se praticamente em apenas um sentido, com alta prevalência fluvial, impactando todo o ecossistema aquático.

7.2 PA2

O PA2 está localizado praticamente no meio do trecho fluvioestuarino do rio Paraguaçu e por conta disso é impactado de forma equânime tanto pela forçante fluvial quanto pela forçante marítima, dependendo da quantidade de água liberada pela barragem.

O Quadro 3 apresenta os valores máximos de elevação do nível d'água, velocidades e vazões obtidas nas simulações para o PA2, sendo que os valores negativos indicam que o evento máximo ocorreu numa enchente e os valores positivos que o evento máximo ocorreu numa vazante.

Quadro 3: Valores máximos obtidos no PA2

Cenário	Nível d'água (m)	Velocidade (m/s)	Vazão (m³/s)
Ano seco	3,60	-1,14	-884,0
Ano Úmido	3,74	-1,06	-827,0
Vazão de Restrição	3,80	1,69	1.442,0

Para os anos seco e úmido verifica-se que a forçante de maré sobressai à forçante fluvial, apesar do maior aporte de água continental no ano úmido. A hidrodinâmica neste Ponto Amostral, para estes três cenários, está na mesma ordem de grandeza, com prevalência da forçante marinha.

Por outro lado, para a vazão de restrição, a forçante fluvial sobressai à forçante de maré, neste PA. Os resultados obtidos demonstram que a hidrodinâmica neste PA é bastante afetada, para as condições deste cenário. Pois, para vazões defluentes da ordem de grandeza de 1.500,0 m³/s o escoamento processa-se praticamente em apenas um sentido, assim como no PA1, sofrendo, no entanto, uma pequena influencia marítima na preamar, mas com prevalência fluvial.

7.3 PA3

O PA3 recebe forte influencia marítima devido a sua localização – próximo à Baía de Iguape.

O Quadro 4 apresenta os valores máximos de elevação do nível d'água, velocidades e vazões obtidas nas simulações para o PA3, sendo que os valores negativos indicam que o evento máximo ocorreu numa enchente e os valores positivos que o evento máximo ocorreu numa vazante.

Quadro 4: Valores máximos obtidos no PA3

Cenário	Nível d'água (m)	Velocidade (m/s)	Vazão (m³/s)
Ano seco	3,47	-0,85	-1.620,0
Ano Úmido	3,60	-0,83	-1.589,0
Vazão de Restrição	3,53	1,04	2.029,0

Para os anos seco e úmido verifica-se que a forçante de maré sobressai à forçante fluvial, apesar do maior aporte de água continental no ano úmido, assim como ocorreu no PA2, porém com maior intensidade. A hidrodinâmica neste Ponto Amostral, para estes três cenários, está na mesma ordem de grandeza, com alta prevalência da forçante marinha.

Por outro lado, para a vazão de restrição, a forçante fluvial sobressai à forçante de maré, neste PA. Os resultados obtidos demonstram que a hidrodinâmica neste PA é afetada, para as condições deste cenário. Diferentemente dos PA1 e PA2, o escoamento ocorre em dois sentidos, demonstrando a forte influência marítima que o PA3 possui. Porém, apesar dessa alta influência marítima, para o cenário de vazão de restrição, verifica-se que a influência fluvial é mais intensa e perceptível neste PA.

8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os estudos hidrodinâmicos demonstraram as alterações ocorridas no regime fluvioestuarino ao longo do trecho entre a barragem de Pedra do Cavalo e a Baía de Iguape quanto à magnitude e sazonalidade, considerando as condições hidrológicas dos cenários de ano seco, ano úmido e vazão de restrição.

Os resultados obtidos nos Pontos Amostrais demonstram que a forçante de maré têm sido dominante em todo o percurso do trecho fluvioestuarino do rio Paraguaçu, ao longo de todo o ano hidrológico. Segundo Medeiros et Al. (2013), essas mudanças hidrodinâmicas, ocasionadas pela operação da UHEPC, afetam consideravelmente a vegetação riparia, os invertebrados aquáticos, a ictiofauna, a concentração de nutrientes, e, em geral, todos os parâmetros de qualidade da água. Dessa forma, estas alterações afetam todos os componentes e funções do ecossistema aquático.

Por outro lado, os hidrograma ambientais propostos para os anos seco e úmido apresentam-se como uma alternativa viável, buscando representar de forma mais real a variabilidade fluvial associada a variação astronômica das marés. Os resultados obtidos ao longo dos Pontos Amostrais demonstraram que para um ano hidrológico tipicamente seco a dinâmica das águas do trecho em estudo é amplamente dominada pela oscilação das marés. Neste sentido, o cenário de ano seco é caracterizado por forte influência marinha, aproxima-se muito do condição atual, ou seja, pode-se afirmar que a barragem tem sido operada, pelo menos nos últimos anos, como se o ano hidrológico característico da bacia hidrográfica do rio Paraguaçu fosse seco. Já para um ano hidrológico tipicamente úmido a influência fluvial é perceptível até o PA3, isto é, até a localidade de Najé, com maior intensidade nos Pontos Amostrais 1, 2. Essa influência fluvial no PA3 passa a ser considerável para caudais continentais da ordem de 250,0 m³/s.

Os resultados obtidos nas simulações demonstraram que a vazão de restrição tem um grande impacto na hidrodinâmica do trecho fluvioestuarino do rio Paraguaçu, pois para vazões da ordem de grandeza de 1.500,0 m³/s o escoamento processa-se, praticamente, em apenas um sentido, isto é, as vazões fluviais sobressaem às marés, desde os PA 1 e 2, passando pelo PA3 até as proximidades da baía de

Iguape. Este vazão de restrição pode afetar fortemente a flora e a fauna aquática, causando modificações drásticas no habitat das espécies, bem como nos parâmetros de qualidade da água. Porém, a necessidade de realização deste teste é inegável, devido ao risco potencial que as pessoas que vivem a jusante da barragem estão sujeitas.

Assim, através deste trabalho pode-se perceber a real influencia que obras hidráulicas, como barragens, ocasionam nos trechos à jusante destes equipamentos. Dessa forma, demonstra-se a importância da realização de estudos hidrodinâmicos antes da implantação e operação de barragens, no intuito de auxiliar e fornecer subsídios à tomada de decisão.

9. REFERÊNCIAS

Acquaplan Tecnologia e Consultoria Ambiental. Implementação do Modelo Numérico Deft3d para Análise de Alternativas de Fixação da Barra do Rio Araranguá d Seus Efeitos nos Padrões de Inundação das Áreas Adjacentes Durante Eventos de Extrema Vazão. 2011. Santa Catarina.

ANDRADE, R. R. Simulação Numérica do Transporte da Pluma de Esgoto Doméstico Lançada no Canal da Passagem e Sua Influência na Qualidade da Água da Baía do Espírito Santo. 2007. Monografia - Centro de Ciências Humanas e Naturais, Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito santo.

ASCE (1993). Task Committee on Definition of Criteria for Evaluation of Watershed Models of the Watershed Management Committee, Irrigation and Drainage Division. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, vol.119, n°3, p.429-442.

AZEVEDO, RONE ANTÔNIO DE. Modelagem Matemática dos Níveis d'água no Rio Araguaia. 2001. Projeto Final do Curso de Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Goiânia, Goiânia.

BAPTISTELLI, S. C. Análise crítica da utilização de modelagem matemática na avaliação da dispersão de efluentes leves no litoral da Baixada Santista. 2008. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo.

BARROSO JÚNIOR, V. Metodologia para Geração de Cartas de Correntes de Maré em Sistemas Estuarinos e Recintos Portuários com Aplicação na Baía de Todos os Santos, BA. 2009. Dissertação de Mestrado. Programa de Engenharia Oceânica – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

BASTOS, H. O. Dinâmica Sedimentar do Estuário da Lagoa dos Patos, Ênfase na Descarga Fluvial. 2008. Projeto Final do Curso de Graduação em Oceanografia. Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande do sul.

BLUMBERG, A. F. & MELLOR, G. L, 1987. Three Dimensional Coastal Ocean Circulation Model – Three Dimensional Coastal Ocean Model, Coastal and Estuarines Sciences 4, American Geophysical Union.

BLUMBERG, A. F. and MELLOR, G.L., 1987. A Description of a Three- Dimensional Coastal Ocean Circulation Model in Three dimensional ocean models, edited by N.

S. Heaps, pp. 1-16. American Geophysical Union, Washington D.C.

BLUMBERG, A. F., 1996. An estuarine and coastal ocean version of POM, Proceedings of the Princeton Ocean Model Users Meeting (POM96), Princeton, NJ.

BÖCK, CARINA STEFON.. Influência da Morfologia do Fundo na Hidrodinâmica da Baía de Guajará (Pará). 2010. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

BROWN, L. C., AND T. O. BARWELL, JR. 1987. The Enhanced Stream Water Quality Models QUAL2E and QUAL2E-UNCAS: documentation and User Manual. EPA-600/3-87/007. U. S. Environmental Protection Agency, aTHENS, ga. MAY.

BRUCE, L.C., HAMILTON, D.P., IMBERGER, J., GAL, G., GOPHEN, M.,

ZOHARY, T. & HAMBRIGHT, D.A. 2005. A numerical simulation of the role of zooplankton in C, N and P cycling in Lake Kinneret, Israel. *Ecol. Model.*, in press. Israel.

CABRAL, M. M. Desenvolvimento de um Modelo Hidrodinâmico Tridimensional de Corpos de Água Naturais com Discretização Vertical Arbitrária. 2009. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

CASTRO, M. M.; MARTINS, J. R. S.; MARTINS, R. H. O. . Modelação

Matemática do Reservatório Billings: calibração de um modelo bidimensional horizontal. In: XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2009, Campo Grande - MS. Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2009.

CASULLI, V. Semi-Implicit Finite Difference Methods for Two Dimensional Shallow Water Equations. *Journal of Computational Physics*, v. 86, p. 56-74, 1990.

COLLISCHONN, W., TASSI, R. Introduzindo Hidrologia. IPH UFRGS, Rio Grande do Sul, 2015.

CUSSIOLI, MARIANA COPPEDÊ. Dinâmica da desembocadura do rio Itanhém, Alcobaça, BA. 2010. Dissertação de Mestrado. Instituto Oceanográfico da Uiversidade de São Paulo, São Paulo.

DELFT-3D-FLOW. Simulation of multi-dimensional hydrodynamic flows and transport phenomena, including sediments – User Manual. Netherlands. December. 2012

Dietrich, G., 1963. *General Oceanography*. Interscience Publishers. New York.

DUARTE, A. A. L. S.; VIEIRA, J. M. P. (1997). Caracterização de ambientes estuarinos. Mistura em estuários. Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Minho. Braga - Portugal.

EDGAR, G. J.; BARRETT, N. S.; GRADDON, D. J.; LAST, P. R. (2000). The conservation significance of estuaries: a classification of Tasmanian estuaries using ecological, physical and demographic attributes as a case study. *Biological Conservation*, v. 92, p. 383-397.

FALCONER, R. A., DIVAST Manual. Civil Engineering Department, Bradford University, UK, 1993.

FEMAR (2011) Catálogo de Estações Maregráficas Brasileiras. Fundação de Estudos do Mar, Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.femar.com.br> de Janeiro. Disponível em: <<http://www.femar.com.br>>.

FERNANDES, E. H. L.; CECÍLIO, R.; SCHILLER, RAFAEL VERGARA. Estudo da influência da alteração dos Molhes da Barra de Rio Grande sobre a circulação do estuário da Lagoa dos Patos. In: Seminário e Workshop em Engenharia Oceânica. 14 - 18 Maio, 2004, Rio Grande. Anais do Seminário e Workshop em Engenharia Oceânica., 2004. v. 1. p. 1-13.

FRAGOSO, C. R. Simulações da Dinâmica de Fitoplankton no Sistema Hidrológico do Taim (RS). Dissertação de Mestrado. 2005. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do sul.

GENZ, F. Avaliação dos efeitos da Barragem Pedra do Cavalo sobre a circulação estuarina do Rio Paraguaçu e Baía de Iguaçu. 2006. Tese de Doutorado. Universidade Federal da Bahia, Bahia.

GENZ, F.; LUZ, L. Metodologia para considerar a variabilidade hidrológica na definição do regime natural de vazões no baixo curso do rio São Francisco. In: XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007, São Paulo/SP.

GÓES, V. C. ; CIRILO, J. A. . Aplicação do Modelo Hidrológico-Hidrodinâmico Mike She/Mike 11 à Bacia Hidrográfica do Rio Beberibe em Pernambuco. In: XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2009, Campo Grande - MS. Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2009.

HAIDVOGEL, D. B. et al. Ocean forecasting in terrain-following coordinates: Formulation and skill assessment of the Regional Ocean Modeling System. *Journal of Computational Physics*. v. 227, p. 3595–3624. 2008.

HALCROW. Hydroeurope With ISIS Software Suite. Tutorial. Edited by: Jelena BATICA and Yaping FU, 2012.

HAMRICK, J. M. 1994. Linking hydrodynamic and biogeochemical transport models for estuarine and coastal waters. In *Proceedings of the 3rd International Conference Estuarine and Coastal Modeling*, ed. M. L. Spaulding et al, American Society of Civil Engineers, New York, 1994, pp. 591-608.

HERVOUET, J. M.; VAN HAREN, L. TELEMAC-2D Principle Note. Electricité de France, 1994. Technical Report HE-43/94/051/B.

HILLMER, I. & IMBERGER, J. Influence of advection on time and space scales of ecological variables in a coastal equilibrium flow. 2005. *Limnol. Oceanogr.* submitted. Australia.

HYDROQUAL, Inc. A Primer for ECOMSED version 1.3. (Computer program manual). 2002. HYDROQUAL, Inc., Mahwah, NJ.

JESUS, JOSÉ ANTÔNIO OLIVEIRA DE. Utilização de modelagem matemática na gestão da qualidade da água em mananciais, aplicação na Bacia Billings. 2006. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo.

KASHEFIPOUR, S. M.; LIN, B.; FALCONER, R. A Modelling the Fate of Faecal Indicators in a Coastal Basin. . 2006. *Water Research*, v. 40, p. 1413-1425.

KENNISH, M. J. Environmental threats and environmental future of estuaries. 2002. *Environmental Conservation*, v. 29, p. 78-107.

KING, J.M., THARME, R.E. & VILLIERS, M.S. Environmental Flow Assessments For Rivers: Manual For The Building Block Methodology. WRC Report Nº 131/00. Fresh Research Unit. University of Cape Town. South Africa, July, 2008.

KOWALIK, K., MURTY, T.S. Numerical Modeling of Ocean Dynamics. 1993. 1 ed. V. 5. Singapore, Advanced Series on Ocean Engineering.

KRYSANOVA, V.; MÜLLER-WOHLFEIL, D. & BECKER, A. Development and test of a Spatially Distributed Hydrological/Water Quality Model for Mesoscale Watersheds. 1998. *Ecological Modeling*, vol.106, p.261-289.

LUCAS, A. A. T. ; Aguiar Netto, Antenor Oliveira ; FOLEGATTI, M. V. . Aplicação do modelo hidrodinâmico mike 11 na sub-bacia do rio Piauitinga, Sergipe - Brasil. In: 45 CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 2010, Belem. Anais. Belem: UFPa, 2010. v. 1. p. 1-1.

MACHADO, R. E. VETTORAZZI, C. A. CRUCIANI, D. E. Simulação de Escoamento em uma Microbacia Hidrográfica Utilizando Técnicas de Modelagem e Geoprocessamento. 2003. Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 8 n.1, 147–155.

MALISKA, C. R. Transferência de calor e mecânica dos fluidos computacional, Rio de Janeiro: livros técnicos e científicos, 1 ed., 1995.

MARONE, Eduardo . Modelagem numérica costeira no Estado do Paraná. Do Usuário ao Desenvolvedor. Dos Dados ao Produto . In: Acordo de cooperação e apoio técnico científico ANP/IBAMA, 2002, Rio de Janeiro. Diretrizes técnicas para modelagem derramamento de óleo no mar. Rio de Janeiro: MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS

RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS, 2002.

MARTINS, FELIPE CHAVES. Influência de Correntes na Plataforma Adjacente na Hidrodinâmica das Baías da Ilha Grande e Sepetiba. 2008. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

MEDEIROS, Y. D. P.; AGUIAR, M. C. P.; Alcantara, A.C.; CAMPOS, V. P.; Stifelman, G. M.; Romeiro, A. R.; Lentini, C. A. D.; Dominguez, J. M. L.; Venancio,

A. F.; Alvares, H. D. Estudo do Regime de Vazões Ambientais à Jusante da UHE de Pedra do Cavalo. 2013. (Relatório de pesquisa)

MELLER, A. Simulação Hidrodinâmica Integrada de Sistema de Drenagem em Santa Maria-RS. Dissertação de Mestrado. 2004. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

MELLOR, G.L., and YAMADA, T., 1982. Development of a Turbulence Closure Model for Geophysical Fluid Problems. Reviews of Geophysics and Space Physics, 20, 851-875.

MOHID - Modelling Water Resources. (2012). Available: <http://www.mohid.com/> M. E. C. Vieira and A. A. Bordalo, "The Douro estuary (Portugal): a mesotidal salt wedge," ed: Oceanologica Acta vol. 23, p. 585-594., 2000.

NASCIMENTO, T. F. Análise da influência do estreitamento na hidrodinâmica do Canal da Passagem através de modelagem numérica. Monografia. 2009. Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo.

NOVAIS-BARBOSA, J. 1985. Mecânica dos fluidos e hidráulica geral, volumes 1 e 2, Porto Editora.

O'KEEFFE, J. & QUESNE, T.L. An Overview of Environmental Flows and Their Assessment for All Levels of Users. Keeping Rivers Alive: Managing Water Resources for Sustainable Use. Draft, July, 2008.

OLIVEIRA, K. S. S. Modelagem numérica e computacional da hidrodinâmica do Sistema Estuarino Piraquê Açu/ Piraquê Mirim utilizando o modelo Regional Ocean Model System (ROMS). 2010. Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo.

PAIVA, R. C. D. ; Collischonn, W. ; BRAVO, J. M. . Modelo hidrodinâmico 1D para redes de canais baseado no esquema numérico de MacCormack. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 16, 2011.

PARREIRA, C. N. Avaliação da hidrodinâmica e da poluição no Canal de Piaçaguera, no Estuário de Santos-São Vicente (SP), a partir de informações ambientais e modelagem numérica. Dissertação de Mestrado. 2012. Universidade de São Paulo, São Paulo.

PEREIRA, F. F.; Fragoso Jr, C.R.F.; COLLISCHONN, W.; MOTTA MARQUES, D.M.L. Simulação do Transporte de Escalares em Corpos d'Água Rasos Usando um Modelo de Grades Não Estruturadas. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 2012.

PEREIRA, M. G. E LESSA, G. C. (2009) Varying patterns of water circulation in Canal de Cotegipe, Baía de Todos os Santos. Revista Brasileira de Geofísica, v. 27 (no prelo).

PEREIRA, R. S. 2003. Processos que regem a qualidade da água da Lagoa dos Patos, segundo o modelo Delft3D. 149p. Dissertação de Mestrado. Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio grande do Sul.

PEREIRA, RÉGIS DA SILVA; NIENCHESKI, LUIS FELIPE HAX . Simulação computacional do acidente com o navio tanque Bahamas no porto de Rio Grande. In: Seminário e Workshop em Engenharia Oceânica, 2004, Rio Grande. Seminário e Workshop em Engenharia Oceânica. Rio Grande: FURG, 2004.

POWELL, G.L., Matsumoto, J., Brock, D.A. Methods for Determining Minimum Freshwater Inflow Needs of Texas Bays and Estuaries. 2002. Estuaries. Vol 25, 6B, 1262-1274.

RÉQUIA, Weeberb J. J. ; ARAVECHIA, J. C. J. . Aplicação de modelo hidrodinâmico para operação de canais de irrigação: Canal Formoso H - Bahia. In: XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2011, Maceió. XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2011.

RIGO, D. Análise do Escoamento em Regiões Estuarinas com Manguezais – Medições e Modelagem a Baía de Vitória. 2004. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

ROCHA, C. B. M. Implementação e uso do Modelo MIKE 21 na análise de cenários hidrodinâmicos na lagoa da conceição – SC. 2007. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina.

ROCHA, M. E. ; MATOS, R. ; MANGIAVACCHI, N. ; SOARES, C. B. P. 2009.

Aplicação de Modelagem Tridimensional na Dinâmica do Oxigênio Dissolvido e na Mistura da Coluna de água no Reservatório do Lobo, SP.. In: ENEGEP, Salvador, BA. Desenvolvimento Sustentável integrando Tecnologia e Gestão.

ROMERO J.R.; HIPSEY M.R.; ANTENUCCI J.P.; HAMILTON D. 2003. "Computational Aquatic Ecosystem Dynamics Model: CAEDYM V2 – Science Manual". Centre for Water Resource; Crawley; Austrália.

ROSMAN, P.C.C., CUNHA, C.L.N., CABRAL, M.M. et al., 2025, Referência Técnica do SisBaHiA, COPPE/UFRJ. Programa de Engenharia Oceânica, Rio de Janeiro, RJ, 426 p. Disponível em

<https://peno.coppe.ufrj.br/assets/downloads/SisBaHiA_RefTec_v12b.pdf. Acesso em: 08 de jun. 2025.

Shchepetkin A., McWilliams J. 2005. The regional oceanic modeling system (ROMS): a split-explicit, free-surface, topography-following-coordinate oceanic model *Ocean Modelling* 9, 2005, 347-404

SILVA, M. G. Estuários – Critérios para uma classificação ambiental. *Rev. Bras. de Rec. Híd.*, v. 5, n. 1, p. 25-35.2000.

SILVA, P.M.O.; MELLO, C.R.; SILVA, A.M. & COELHO, G. Modelagem da hidrografia de cheia em uma bacia hidrográfica da região Alto Rio Grande. *R. Bras. Eng. Agric. Amb.*, 12:258-265, 2008

SILVA, I. O. Distribuição da Vazão Fluvial no Estuário do Rio Amazonas. Dissertação de Mestrado. 2009. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

SIMONS, T. J., 1976. Verification of numerical models of Lake Ontario, III, Long- term heat transports, *J. Phys. Oceanogr.*, 6, 372–378.

SOUZA, C. F.; COLLISCHONN, W. ; TUCCI, C. E. M. Simulação hidrodinâmica via aquisição remota de dados. In: XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007, São Paulo. *Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, 2007.

SPILLMAN, C.M., IMBERGER, J., HAMILTON, D.P., HIPSEY, M.R. & ROMERO, J.R. 2005. Modelling the effects of Po River discharge, internal nutrient cycling and hydrodynamics on biogeochemistry of the Northern Adriatic Sea. *J. Mar. Sys.* submitted. Itália

TANNEHILL, et al. *Computational Fluid Mechanics and Heat Transfer*, Bristol: 2 ed., Taylor and Francis, 1984 (verificar data).

TOPÁZIO, E. F. Modelagem de Plumas de Emissários com T90 variável na Costa Oceânica de Salvador, BA. Dissertação de Mestrado. 2003. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

TUCCI, C. E. M.. *Modelos Hidrológicos*. 2. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2020.

UFBA, UFMG, UFS, UFPE, UFLA, UFAL, UNB, UEFS, CEFET-SE, CEFET – PE, UNESCO – IHE, UVA (HOLANDA), USP, UFRGS, 2009. Estudo do Regime de Vazoes Ecológicas para o Baixo Curso do Rio São Francisco: Uma Abordagem Multicriterial – ECOVAZAO. Projeto de pesquisa MCT/CNPq/CT-Hidro no 45/2006.

US ARMY CORPS OF ENGINEERS. Hydrologic Engineering Center (HEC). HEC- RAS, River Analysis System: User's Manual Version 2.0 Abril 1997. Davis, CA: U.S. Army Corps of Engineers/Hydrologic Engineering Center, 1998. 243 p.

VARGAS, B. M.; FREIRE, P. C. C.; ACCETTA, D.; UHRENHOLDT, T.; AMORIM, J. C. C.. Estudos de Circulação d'Água e de Dispersão de Poluentes no Complexo Lagunar Sul de Santa Catarina. In: XIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2001, Aracaju - SE. XIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Porto Alegre - RS: ABRH, 2001.

VILELA, C. P. X. Influência da Hidrodinâmica Sobre os Processos de Acumulação de Sedimentos Finos no Estuário do Rio Amazonas. Tese de Doutorado. 2011. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

VOTORANTIM, 2010. Relatório Consolidado dos Programas Ambientais UHE Pedra do Cavalo. Salvador, Brasil

VOTORANTIM, 2009. Quadro hidráulico das vazões defluentes de 2009. Salvador, Brasil

VOTORANTIM, 2010. Quadro hidráulico das vazões defluentes de 2010. Salvador, Brasil

VOTORANTIM, 2011. Quadro hidráulico das vazões defluentes de 2011. Salvador, Brasil

WBM Oceanics. TUFLOW (and ESTRY) User Manual - GIS Based 2D/1D Hydrodynamic Modelling, User Manual, July, Brisbane, 2003.

WCD - World Commission on Dams. Dams and development: A framework for decisionmaking, The World Commission on Dams., 2000.

WL | DELFT HYDRAULICS. SOBEK help files. Netherlands, 2004.

XAVIER, A. G. Análise da Hidrodinâmica da Baía de Todos os Santos (BA).

Dissertação de Mestrado. 2002. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

BIODIVERSIDADE, MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

VOLUME XXII



conhecimentolivre.org/home



contato@conhecimentolivre.org



[editoraconhecimentolivre](https://www.instagram.com/editoraconhecimentolivre)



EDITORA CONHECIMENTO LIVRE