

# AVALIAÇÃO DA PROPOSTA DE ENQUADRAMENTO ATRAVÉS DO ICE EM RESERVATÓRIOS DA BACIA DO IPOJUCA, EM PERNAMBUCO, BRASIL

EVALUATION OF THE FRAMEWORK PROPOSAL THROUGH THE  
INDEX OF COMPLIANCE WITH FRAMEWORK IN RESERVOIRS OF  
THE IPOJUCA BASIN, IN PERNAMBUCO, BRAZIL

**Fernanda Sobreira Silva**

fss11@discente.ifpe.edu.br

**Ioná Maria Beltrão Rameh Barbosa**

ionarameh@recife.ifpe.edu.br

---

## RESUMO

Este artigo apresenta uma avaliação da proposta do enquadramento dos reservatórios do Agreste pernambucano Pão de Açúcar, Pedro Moura Júnior (Belo Jardim), e Engenheiro Severino Guerra (Bituri) e do reservatório Bita (pertencente à Região Metropolitana do Recife) na bacia hidrográfica do rio Ipojuca, em Pernambuco, através do ICE (Índice de Conformidade ao Enquadramento). Este estudo foi realizado em função do enquadramento apontado pelo relatório final da Proposta de Enquadramento da bacia do rio Ipojuca (PEI), desenvolvido para a Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) em 2019. A metodologia constituiu-se na consulta à PEI para identificação aos enquadramentos propostos aos trechos em que os reservatórios se encontram, levantamento dos dados de monitoramento sistemático da água realizado pela APAC, no período de 2011 a 2019, consulta à Resolução CONAMA n° 357 de 2005 e cálculo do ICE. Observou-se que os reservatórios localizados no Agreste apresentaram um resultado satisfatório, ou seja, mais próximos de atendimento ao enquadramento apontado na PEI, porém indicando que há uma tendência à degradação de qualidade da água, quando analisado a variação anual do ICE. Por outro lado, identificou-se que o reservatório Bita apresentou o enquadramento mais restritivo e maior grau de poluição, resultando no valor de ICE mais baixo entre os reservatórios estudados, o que indica maior distância no alcance dos objetivos do enquadramento apontado na PEI.

Palavras-chave: índice; conformidade; enquadramento, qualidade das águas.

## ABSTRACT

This article presents an evaluation of the proposed framework for the Pão de Açúcar, Pedro Moura Júnior (Belo Jardim), and Engenheiro Severino Guerra (Bituri) Agreste

reservoirs and the Bita reservoir (belonging to the Metropolitan Region of Recife) in the river basin. Ipojuca, in Pernambuco, through the ICE (Framework Compliance Index). This study was carried out according to the framework indicated by the final report of the Proposal for the Framework of the Ipojuca River Basin (PEI), developed for the Pernambuco Water and Climate Agency (APAC) in 2019. The methodology consisted of consulting the PEI to identification of the proposed frameworks for the stretches where the reservoirs are located, survey of systematic water monitoring data carried out by APAC, from 2011 to 2019, consultation of CONAMA Resolution No. 357 of 2005 and calculation of the ICE. It was observed that the reservoirs located in the Agreste presented a satisfactory result, that is, closer to meeting the framework indicated in the PEI, but indicating that there is a tendency to degrade water quality, when analyzing the annual variation of the ICE. On the other hand, it was identified that the Bita reservoir presented the most restrictive framework and the highest degree of pollution, resulting in the lowest ICE value among the studied reservoirs, which indicates greater distance in achieving the objectives of the framework indicated in the PEI.

Keywords: index; conformity; framework, water quality

---

## 1 INTRODUÇÃO

No Brasil, embora seja um território privilegiado quanto à quantidade de recursos hídricos, tanto superficiais como subterrâneos, há a ocorrência de diversos problemas à qualidade, distribuição e oferta hídrica, além da deterioração, em razão da emissão de diversos agentes poluidores e à falta de tratamento adequado (BASTOS *et al.*, 2018).

A qualidade da água, segundo Von Sperling (2014), é resultante de fenômenos naturais e atuação do homem através de atividades poluidoras. Bastos e colaboradores (2018) citam que inúmeras atividades poluidoras sejam comerciais, domésticos e industriais podem afetar de maneira direta ou indireta a qualidade da água, conseqüentemente comprometem as bacias hidrográficas e os benefícios coletivos no uso comum desse recurso.

Dentro desse contexto, o estado de Pernambuco possui um agravante, em consequência da irregularidade das chuvas e a existência de rios perenes e intermitentes que dependem da pluviometria (OLIVEIRA *et al.*, 2018) que por fim, compromete ainda mais a qualidade e o atendimento dos usos que a sociedade demanda para aquele corpo hídrico.

Tendo em vista a necessidade de mecanismos para controle do estado qualitativo dos recursos hídricos, em 1997, foi promulgada a Lei Federal nº 9.433/1997, a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), que estabeleceu uma série de princípios e instrumentos para gestão das águas, dentre eles encontra-se o enquadramento de corpos d'água em classes de acordo com o uso preponderante (BITENCOURT; FERNANDES; GALEGO, 2019).

Dessa forma, o enquadramento tem como finalidade a compatibilização da qualidade da água com os usos mais exigentes aos quais ela é destinada (BARBOSA; SANTOS; MICHELAN, 2019), não indicando necessariamente a qualidade atual (RODRIGUES, 2016), mas sendo uma importante estratégia de gestão integrada dos

recursos hídricos, e consiste em ter uma visão futura dos usos da bacia (AMARO; PORTO, 2009).

Para isso, diversos índices de qualidade da água vêm sendo utilizados para fornecer dados que contribuem para o monitoramento constante de parâmetros, dentre esses índices, pode-se destacar o índice de conformidade ao Enquadramento (ICE), desenvolvido pelo Conselho Canadense de Ministros do Meio Ambiente (CCME) em 1997 e tem sido amplamente utilizado para avaliar as condições dos corpos hídricos em todo o mundo (MENBERU; MOGESSE; REDDYTHOTA, 2021; BARBOSA; SANTOS; MIHCELAN, 2019; ALMEIDA; OLIVEIRA, 2018; OLIVEIRA *et al.*, 2018; ISLAM *et al.*, 2016).

Segundo Barbosa, Santos e Michelin (2019), o ICE compara os dados de monitoramento com os padrões determinados pela legislação, permitindo assim, que possa verificar o atendimento da qualidade da água ao enquadramento, além de proporcionar um melhor controle para os padrões estabelecidos (AMARO; PORTO, 2009).

Este trabalho tem como objetivo avaliar a proposta do enquadramento dos reservatórios Pão de Açúcar, Pedro Moura Júnior (Belo Jardim), Engenheiro Severino Guerra (Bituri) e Bitá na bacia hidrográfica do rio Ipojuca, em Pernambuco, através do ICE (Índice de Conformidade ao Enquadramento), em função do enquadramento proposto pelo relatório final da Proposta de Enquadramento da bacia do rio Ipojuca (PEI), desenvolvido para a Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) em 2019.

## **2 ASPECTOS IMPORTANTES A SEREM CONSIDERADOS**

### **2.1 Aspectos legais da qualidade da água**

Em 8 de janeiro de 1997 entrou em vigor a Lei nº 9.433/97 que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, conhecida como Lei das Águas. Esta Lei estabeleceu diversos instrumentos com o objetivo de “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos” (art. 2, inciso I) e “a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, [...], com vistas ao desenvolvimento sustentável” (art. 2, inciso II) (BRASIL, 1997).

Dentre os instrumentos contidos na Lei das Águas encontra-se o enquadramento dos corpos de água em classes de acordo com os usos preponderantes. O enquadramento dos corpos de água visa a:

I - Assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas;

II - Diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes (BRASIL, 1997, art. 9º).

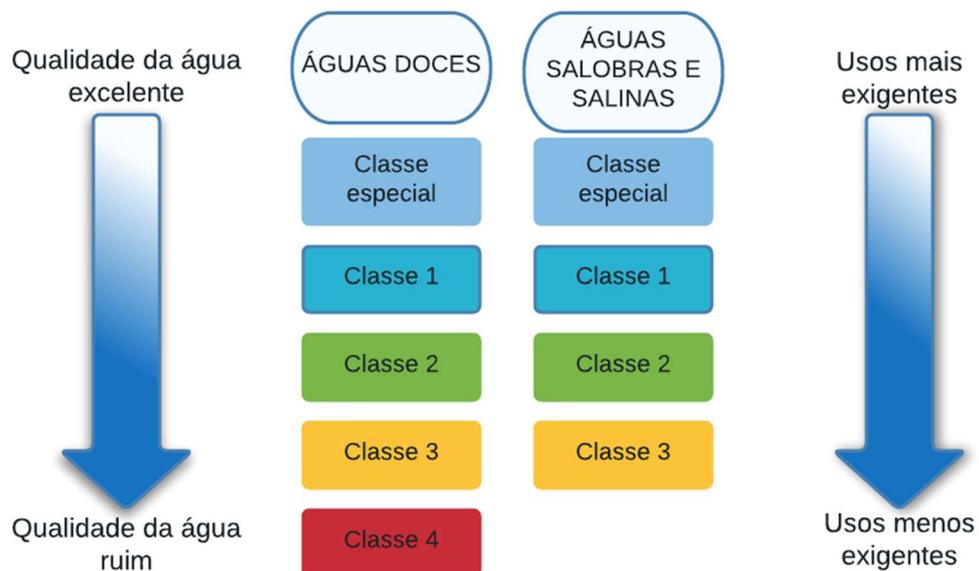
Portanto, o enquadramento, segundo a Agência Nacional das Águas (2012), é um dos instrumentos de planejamento e deve ter como referência não apenas a condição atual, porém a qualidade em que o corpo hídrico deveria possuir para atender os usos desejados da sociedade (ANA, 2012). Logo, o enquadramento é a compatibilização da qualidade da água com os usos mais exigentes aos quais ela é destinada (BARBOSA; SANTOS; MICHELAN, 2019), buscando uma estratégia de

planejamento para atendimento das metas de médio e longo prazos (RODRIGUES, 2016).

O objetivo da qualidade da água deve partir da condição atual do corpo hídrico (“o rio que temos”), passando pela busca com as partes interessadas em uma qualidade desejada para aquele recurso hídrico (“o rio que queremos”) e, por fim, chegando na definição de metas com todos os envolvidos, analisando aspectos econômicos e financeiro para alcançá-las (“o rio que podemos ter”) (SILVA, 2017).

A classificação dos corpos hídricos estabelecida através do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), através da resolução nº 357/2005 determinou que os corpos hídricos fossem divididos em águas doces, salobras e salinas, em ordem decrescente de qualidade, desde que não prejudique a qualidade da água (CONAMA, 2005). As águas doces podem ser classificadas em cinco classes: especial, 1,2,3 e 4. Para as águas salobras e salinas em quatro classes: especial, 1, 2 e 3, como apresenta na Figura 1.

Figura 1 – Classes de enquadramento e respectivos usos e qualidade da água



Fonte: Adaptado de Agência Nacional das Águas (2021)

Sendo as águas de classe especial que possuem maior qualidade, conseqüentemente seus usos são mais exigentes e segundo consta na Resolução, devem manter sua condição natural, logo, não sendo permitido o lançamento de efluentes, mesmo que tratados. Para as demais classes, são aceitos níveis crescentes de poluição, sendo a classe 1 com os menores níveis e as classes 4 (águas-doces) e 3 (águas salobras e salinas) as com maiores níveis de poluição (ANA, 2021).

Em seu art. 2 é definido que o enquadramento se trata de uma meta ou objetivo de qualidade da água a ser obrigatoriamente, alcançado ou mantido ao longo do tempo em função dos usos pretendidos. Logo, o enquadramento é uma importante estratégia de gestão integrada dos recursos hídricos, e consiste em ter uma visão futura dos usos da bacia e define os rumos a serem adotados para alcançar a situação da qualidade desejada (AMARO; PORTO, 2009).

Segundo Porto (2002), as classificações dos corpos hídricos servem para os seguintes propósitos:

1. Permitir a diferenciação entre trechos de rios de acordo com os usos, tendo assim, cada um o seu conjunto de objetivos de qualidade e padrões ambientais a serem obedecidos;

2. Medir a aderência da qualidade do corpo hídrico ao objetivo único designado, como ocorreu na Inglaterra e País de Gales;

3. A distinção dentre um uso específico outros usos derivados, como no caso do Estado do Colorado nos EUA, em que as classes distinguem entre recreação de contato primário e recreação de contato secundário.

Ainda de acordo com os fundamentos legais do enquadramento, a Resolução nº 91 de 2008 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), dispõe sobre os procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água. Esta Resolução estabelece que a proposta de enquadramento deve considerar de forma integrada as águas superficiais e subterrâneas, como também a disponibilidade de água em padrões de qualidade compatíveis aos seus usos (CNRH, 2008).

Segundo a Resolução, a elaboração da proposta de enquadramento deve visar o alcance necessário da disponibilidade de água em padrões de qualidade compatíveis com seus usos e deve conter preferencialmente estudos em conformidade com o Plano de Recursos Hídricos da bacia hidrográfica como apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Fluxograma geral do processo de enquadramento



Fonte: Adaptado da Resolução CNRH nº 91/2008

A primeira etapa é o diagnóstico, que tem como objetivo conhecer todos os aspectos qualitativos e quantitativos. Com esses dados é possível realizar a etapa seguinte de prognóstico, com previsão de cenários futuros do uso dos corpos hídricos, a partir dessa etapa é que se pode formular a proposta de enquadramento (SILVA, 2017).

Por fim, o programa de efetivação que manifesta todos os objetivos e metas traçados através de propostas de ações, os prazos para execução, os planos de investimentos, além de recomendações que vão desde os órgãos gestores de recursos hídricos e meio ambiente aos agentes públicos e privados, como também propostas a serem apresentadas aos poderes públicos federal, estadual e municipal.

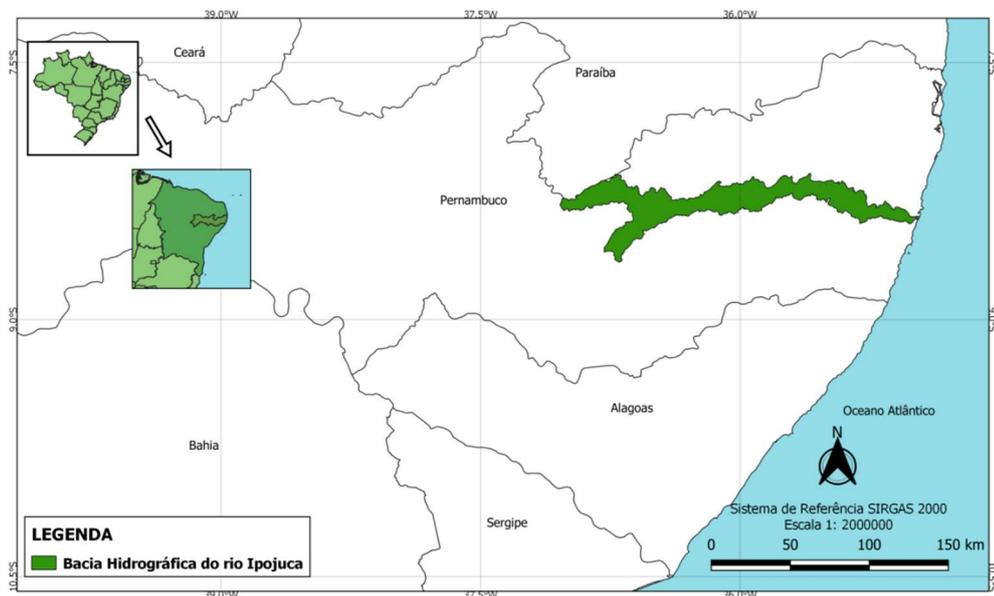
Segundo Bitencourt, Fernandes e Galego (2019) tanto o enquadramento quanto os Planos de Recursos Hídricos precisam ser elaborados levando-se em conta as condições atuais da bacia hidrográfica, além de trabalhar de forma conjunta os aspectos de qualidade e quantidade da água e focar em ações a serem realizadas para se alcançar as metas desejadas.

Contudo, como salienta Carneiro *et al.* (2020), o enquadramento não é um processo apenas técnico, mas político e social, que depende de aprovação em audiências públicas e com a presença de todos os atores envolvidos no processo de forma a atender aos múltiplos usuários de água.

## 2.2 Enquadramento dos corpos hídricos na bacia hidrográfica do Ipojuca

Atualmente o estado de Pernambuco foi dividido em 29 unidades de planejamento, conforme publicado em 1998, no Plano Estadual de Recursos Hídricos de Pernambuco (PERH-PE). Sendo uma das bacias de maior relevância em Pernambuco, a bacia hidrográfica do rio Ipojuca encontra-se na região hidrográfica do Atlântico Nordeste Oriental fazendo parte das Regiões de Desenvolvimento - RD do Sertão do Moxotó, Agreste Meridional, Agreste Central, Mata Sul e Metropolitana (Figura 3).

Figura 3 – Localização da Bacia Hidrográfica do rio Ipojuca



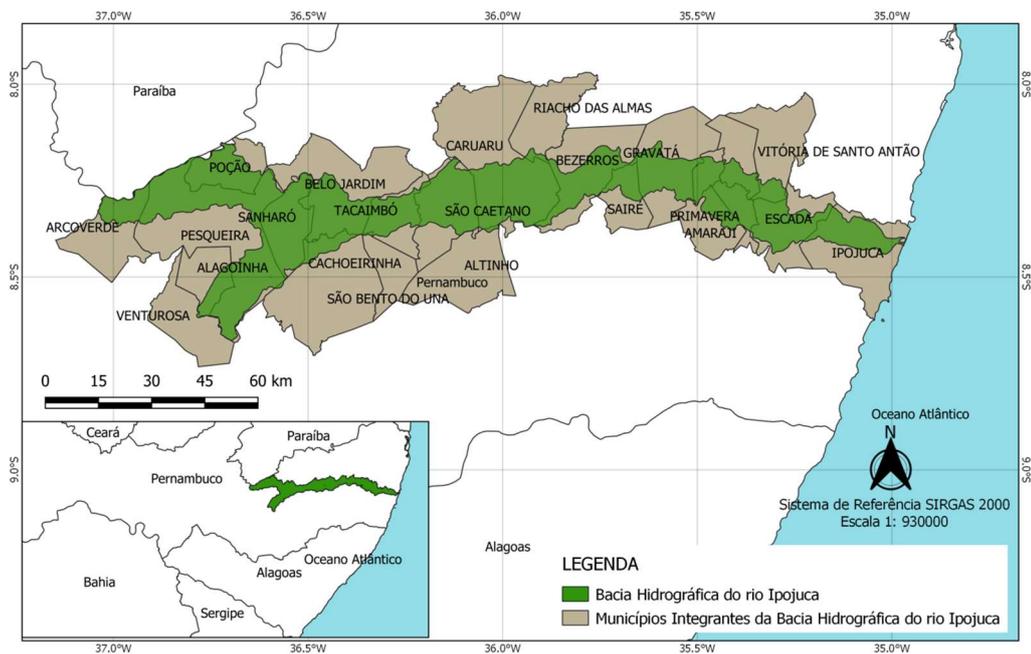
Fonte: elaboração do próprio autor (2021)

A bacia é uma das mais importantes do Estado, pois constitui uma via de acesso entre o litoral e o sertão, além da sua contribuição histórica na criação e expansão de núcleos urbanos e industriais (SILVA, 2021).

Dentre as atividades industriais desenvolvidas na bacia hidrográfica do rio Ipojuca, pode-se destacar as de produtos alimentares, minerais não-metálicos, indústria sucroalcooleira, química, têxtil, metalúrgica, vestuário, artefatos, tecidos, couros, bebidas, produtos farmacêuticos e veterinários, perfumes, sabões, velas, material elétrico e de comunicação, calçados, matéria plástica, agropecuária e borracha (CPRH, 2021).

A Bacia hidrográfica do rio Ipojuca possui uma área de 3.435,34 km<sup>2</sup>, representando aproximadamente de 3,49% do território do estado de Pernambuco, onde abrange 25 territórios parciais de municípios, dos quais 12 destes possuem sede dentro da bacia (PERNAMBUCO, 2010), como apresentado na Figura 4.

Figura 4 – Municípios integrantes da Bacia Hidrográfica do rio Ipojuca



Fonte: elaboração do próprio autor (2021)

No Plano Hidroambiental da bacia hidrográfica do rio Ipojuca, desenvolvido em 2010, foram apontados diversos conflitos do uso da água na bacia. Os principais conflitos, segundo o Plano, são no reservatório do Engenheiro Severino Guerra e Pão de Açúcar, utilizados para abastecimento público, abastecimento industrial e por pequenos irrigantes tanto a montante como a jusante do reservatório, em que durante estiagens severas, em meados de 1998 e 1999, houve a existência de barramentos clandestinos para comercialização da água através de carros-pipa. Também são apontados conflitos no reservatório Pão de Açúcar em que se situa em terras indígenas, onde usuários a montante do rio danificaram a comporta da barragem de modo que não houve liberação da água a jusante (PERNAMBUCO, 2010).

Além disso, há uma série de fatores que tem contribuído para o aumento da demanda hídrica na bacia, destacando-se o crescimento da população, o grau de urbanização e a produção de alimentos e mercadorias, sendo necessários estudos para que venham conhecer as necessidades de água atuais e futuras da bacia, em conjunto com a ciência das potencialidades e disponibilidades hídricas.

O Plano Hidroambiental da bacia hidrográfica do rio Ipojuca ainda estabeleceu em 2010 um “enquadramento preliminar” em vários trechos e riachos pertencentes à bacia do rio Ipojuca, todavia como não houve nenhum enquadramento publicado oficialmente, considerou-se, para este estudo, classe 2 para as águas doces e classe 1 para as salobras e salinas, de acordo com o estabelecido no art. 42 da Resolução CONAMA 357/2005.

Apenas em 2019 foi aprovada a Proposta de Enquadramento dos corpos d’água da bacia hidrográfica do rio Ipojuca (PEI) e foram elaboradas as seguintes etapas: Diagnóstico da bacia; Prognóstico (cenários futuros); Elaboração das alternativas de enquadramento e Programa de efetivação para discussão

Em 2020 o comitê da bacia hidrográfica do rio Ipojuca (COBH Ipojuca), por meio da Resolução nº 01/2019 aprovou o enquadramento proposto pela PEI, além do plano

de efetivação, sendo encaminhada ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos para homologação<sup>1</sup>, conforme Resolução do CNRH 91/2008.

O PEI apresenta a condição atual dos trechos dos rios, metas intermediárias (8 anos) e finais (15 anos), além de apresentar programas de investimentos para efetivação dos objetivos de qualidade de água e modelo de gestão da bacia (APAC, 2019).

### **2.3 Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE)**

Muitos índices foram propostos para avaliar as águas superficiais, no qual se pode destacar o índice desenvolvido originalmente em 1997 pelo Conselho Canadense de Ministros do Meio Ambiente (*The Canadian Council of Ministries of the Environment* – CCME) (CCME, 2003) e sua versão final aprovada em 2001, sendo referenciado pela ANA (Agência Nacional das Águas) como Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE), e sendo globalmente aceito para representar dados acerca da qualidade da água de uma perspectiva regulatória (ISLAM *et al.*, 2016).

O Índice de Conformidade ao Enquadramento foi aplicado para avaliar a qualidade da água no rio Danúbio (BĂRBULESCU; BARBEȘ, 2020) em trechos localizados na Romênia, em águas subterrâneas na Índia (SETHY; SYED; KUMAR, 2017), no rio Coruh na Turquia (BILGIN, 2018), sendo aplicado também em bacias brasileiras, como por exemplo, no rio Joanes, em Salvador, estado da Bahia (ALMEIDA; OLIVEIRA, 2018), no açude da Macela em Sergipe (BARBOSA; SANTOS; MICHELAN, 2019) e em reservatórios no estado de Pernambuco (OLIVEIRA *et al.*, 2018).

O ICE oferece vantagens sobre outros métodos pela capacidade de ser empregado em diferentes requisitos legais e diferentes usos da água, além da flexibilidade na seleção, critérios e tolerância para dados ausentes (STRADA, 2021; BILGIN, 2018). Os autores Alves, Teresa e Nabout (2014) notaram que o ICE se destaca por apresentar uma maior aproximação para caracterizar o enquadramento, diferentemente dos outros índices.

Além disso, segundo Amaro e Porto (2009), o ICE pode não somente acompanhar a progressão da condição hídrica em relação à sua situação de enquadramento, no entanto pode servir para averiguar a conformidade em relação aos usos preponderantes, fornecendo subsídios para os órgãos gestores para avaliar se as metas de enquadramento estão sendo cumpridas.

Dessa forma, o ICE fornece uma base consistente para avaliar as condições de qualidade da água (CCME, 2003) em relação a determinados objetivos de qualidade da água, através de um valor que sintetize as informações oriundas das variáveis de qualidade observadas, medindo a distância entre a condição atual do corpo d'água e a meta de qualidade estabelecida pelo enquadramento (OLIVEIRA *et al.*, 2018).

## **3 METODOLOGIA**

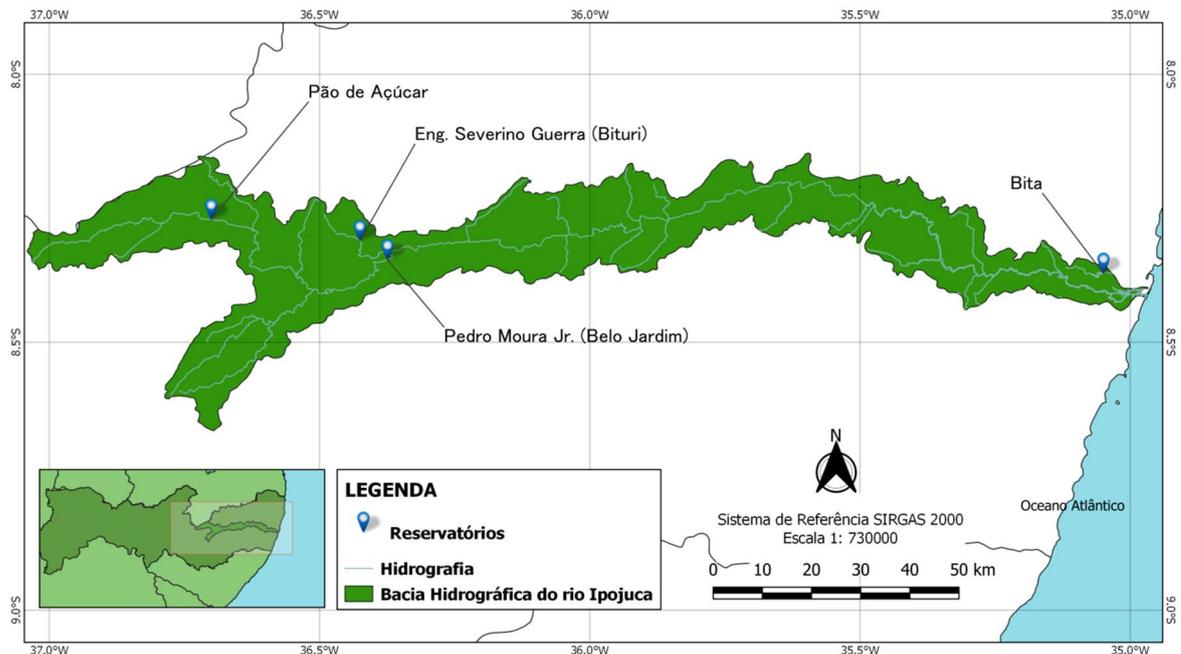
### **3.1 Caracterização da Área de Estudo**

Os reservatórios são importantes ecossistemas aquáticos artificiais e com multiplicidade de usos, tais como: contenção de enchentes, abastecimento público e geração de energia elétrica e no semiárido brasileiro, essa importância torna-se mais

evidente, em função dos longos períodos de estiagem (CORDEIRO-ARAÚJO *et al.*, 2010).

Diante deste cenário, foram selecionados para este estudo quatro reservatórios da bacia hidrográfica do rio Ipojuca, sendo três deles, os maiores reservatórios da bacia, com capacidade superior a 10.000.000m<sup>3</sup>, Pão de Açúcar, Eng. Severino Guerra (Bituri), Pedro Moura Júnior (Belo Jardim), localizados no Agreste pernambucano, e o reservatório Bitá, localizado no município de Ipojuca, litoral do estado de Pernambuco, como apresenta a Figura 5.

Figura 5 – Localização dos reservatórios Pão de Açúcar, Eng. Severino Guerra, Pedro Moura Júnior, Bituri e Bitá na Bacia Hidrográfica do rio Ipojuca



Fonte: elaboração do próprio autor (2021)

#### • Reservatório Pão de Açúcar

O reservatório de Pão de Açúcar encontra-se localizado no município de Pesqueira, segundo o Pernambuco (2010), o reservatório possui cerca de 55 milhões m<sup>3</sup> de capacidade máxima para armazenamento, além disso, o autor Silva (2019) afirma que o reservatório se destina ao abastecimento das cidades de Pesqueira e Sanharó, como também, atende as demandas de irrigação.

Foi construído com a finalidade de regular o sistema de perenização do rio, todavia, sua finalidade foi modificada para ser utilizada como manancial de abastecimento. Um dos pontos que requer atenção se dá ao fato que o reservatório se situa em terras pertencentes à reserva dos índios Xucurus, portanto exige uma maior vigilância quanto a qualidade atual e futura do corpo hídrico (SILVA, 2019).

#### • Reservatório Pedro Moura Júnior (Belo Jardim)

O reservatório Pedro Moura Júnior (Belo Jardim) situa-se a 4 km a Sudeste do município de Belo Jardim e possui 30 milhões de m<sup>3</sup> de capacidade máxima de acumulação (PERNAMBUCO, 2010). Sua principal finalidade é o abastecimento humano do sistema adutor Bituri, que supre inúmeras cidades do Agreste (SILVA, 2019).

#### • Reservatório Engenheiro Severino Guerra (Bituri)

Encontra-se localizado no município de Belo Jardim, apresentando, segundo Pernambuco (2010), a capacidade de aproximadamente 17,8 milhões m<sup>3</sup> de armazenamento, foi construído com a finalidade principal de suprir as necessidades de abastecimento público da região (CORDEIRO-ARAÚJO *et al.*, 2010).

- **Reservatório Bita**

Situa-se localizado no interior da Estação Ecológica Bita e Utinga a noroeste do território do Complexo Industrial Governador Eraldo Gueiros (Suape), o reservatório Bita auxilia no abastecimento do Complexo Portuário de Suape desde a década de 1980, além de abastecer o distrito de Nossa Senhora do Ó (Ipojuca) e as vilas de Suape, Gaibú e Nazaré. O Bita possui capacidade de acumulação de 2,7 milhões m<sup>3</sup> (ARAÚJO, 2016).

### 3.2 Levantamento dos dados

Os dados utilizados na pesquisa foram extraídos do Relatório Final (RF) da Proposta de Enquadramento da bacia do rio Ipojuca (PEI), desenvolvido para a Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), em 2019.

No relatório da PEI foram estabelecidas classes de enquadramento para trechos dos rios em que se encontram os reservatórios na condição atual, para as metas intermediárias e finais, como mostra no Quadro 1.

Quadro 1 – Classes de enquadramento propostas pela PEI

Trecho	Reservatório	Extensão do trecho (km)	ENQUADRAMENTO		
			Condição atual	Meta Intermediária	Meta Final
03	Pão de Açúcar	14,5	Classe 4	Sem enquadramento	Sem enquadramento
06	Pedro Moura Júnior (Belo Jardim)	30,3	Classe 4	Classe 3	Classe 3
14	Eng. Severino Guerra (Bituri)	7,9	Classe 4	Classe 3	Classe 2
56	Bita (trecho na Unidade de conservação)	8	Classe 1	Classe 1	Classe especial

Fonte: Adaptado de APAC (2019)

O trecho que compreende o reservatório Pão de Açúcar, denominado no PEI como trecho homogêneo 03, que abrange desde o trecho do rio Ipojuca nas terras indígenas dos Xukurús até a confluência do Riacho Poção e tem cerca de 14,5km, não possui proposta para seu enquadramento (metas intermediária e final), segundo consta no relatório o enquadramento intermediário e final depende de deliberação do Conselho Nacional de Recursos Hídricos.

O trecho que compreende o reservatório Pedro Moura Júnior, denominado como trecho homogêneo 06, com 30,3km de extensão, apresenta os usos preponderantes em longo prazo como sendo abastecimento humano, pesca, irrigação e dessedentação animal. Sua condição atual foi enquadrada como classe 4 e para as metas intermediária e final a proposta de enquadramento é classe 3.

O reservatório Engenheiro Severino Guerra, abrange um trecho de 7,9 km de extensão e é denominado como trecho homogêneo 14, possui seus usos preponderantes em médio prazo análogo ao reservatório Pedro Moura Júnior e sua meta final é de classe 2.

Por fim, o reservatório Bitá, por se encontrar dentro da Unidade de Conservação de Proteção Integral, em médio prazo possui o enquadramento classe 1 e a longo prazo classe especial, sendo seus usos preservação do equilíbrio natural e comunidades aquáticas, abastecimento humano.

Em seguida, foram selecionados dados de qualidade de água para determinação do ICE obtidos do monitoramento sistemático da água realizado pela Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), no período de 2011 a 2019.

Os parâmetros escolhidos para cada reservatório, visualizados no Quadro 2, consistiram naqueles que houve monitoramento pela APAC no período indicado e que possuíam limites estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005 para a classe de enquadramento proposta na PEI na condição atual e para as metas intermediária e final.

Quadro 2 – Parâmetros selecionados para composição do cálculo do ICE nos reservatórios

Parâmetros monitorados	Reservatório Pão de Açúcar	Reservatório Pedro Moura Júnior	Reservatório Engenheiro Severino Guerra	Reservatório Bitá
Cianobactérias		X	X	
Clorofila a		X	X	X
Coliformes Termotolerantes	X	X	X	X
Demanda Bioquímica de Oxigênio		X	X	X
Fósforo Total	X	X	X	X
Nitrato			X	X
Nitrito			X	X
Oxigênio Dissolvido	X	X	X	X
pH	X	X	X	X
Sólidos Totais				X
Turbidez		X	X	X

Fonte: elaboração do próprio autor (2021)

Por outro lado, é importante salientar que os corpos lânticos possuem uma vulnerabilidade quanto à degradação da qualidade de suas águas podendo destacar a variabilidade climática. Dentre muitos estudos que apontam o fator volume, a pesquisa realizada por Lima *et al.* (2020) concluiu que o reservatório Pereira de

Miranda, localizado no Ceará sofreu uma deterioração da qualidade da água com a redução do volume no reservatório.

Dessa maneira, visando possíveis efeitos dos volumes dos reservatórios nos valores encontrados do ICE, foram coletados dados históricos do volume através do Sistema de Acompanhamento de Reservatórios (SAR), disponibilizado pela Agência Nacional das Águas (ANA) entre os anos de 2011 e 2019.

### 3.3 Aplicação do Índice de Conformidade ao Enquadramento

O Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE) desenvolvido pelo CCME (*The Canadian Council of Ministries of the Environment*) verifica condição de conformidade da situação do corpo hídrico ao seu enquadramento segundo os usos preponderantes e os impactos causados pela desconformidade são compostos por três eixos: frequência, amplitude e abrangência.

Fator 1 ( $F_1$ ) – Abrangência/Espaço – A porcentagem de variáveis que não atendem aos seus objetivos pelo menos uma vez durante o período de estudo, em relação ao número total de variáveis medidas.

$$F_1 = \left( \frac{\text{Número de variáveis que falharam}}{\text{Número total de variáveis}} \right) \times 100 \quad (1)$$

Fator 2 ( $F_2$ ) – Frequência – a porcentagem de testes individuais que não cumpre os objetivos.

$$F_2 = \left( \frac{\text{Número de testes que falharam}}{\text{Número total de testes}} \right) \times 100 \quad (2)$$

Fator 3 ( $F_3$ ) – Amplitude – este fato é calculado em três etapas que representa a quantidade pela qual o valor testado falhou, portanto, verifica a diferença entre o valor do parâmetro medido e o limite da classe, em conformidade com o objetivo pretendido da qualidade da água (OLIVEIRA *et al.*, 2018).

1) Inicialmente calcula-se o valor das variáveis:

$$\text{variação} = \left( \frac{\text{Valor testado que falhou}}{\text{Objetivo}} \right) - 1 \quad (3)$$

$$\text{variação} = \left( \frac{\text{Objetivo}}{\text{Valor testado que falho}} \right) - 1 \quad (4)$$

2) Calcula-se a soma normalizada de variáveis como:

$$snv = \frac{\sum_{i=1}^n \text{variações}}{\text{número total de testes}} \quad (5)$$

3) Por fim, após a normalização pode-se calcular o fator  $F_3$ :

$$F_3 = \left( \frac{snv}{0,01 \times snv + 0,01} \right) \quad (6)$$

Dessa forma, o valor do ICE será obtido através da equação 7 a seguir:

$$ICE = 100 - \left( \frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1,732} \right) \quad (7)$$

Os valores do ICE são classificados em cinco categorias em que se assume valor entre 0 e 100, como apresenta a Quadro 3:

Quadro 3 – Categorias de qualidade da água desenvolvido pela CCME

<b>EXCELENTE (95-100)</b>	A qualidade da água é protegida, ausência de ameaça ou impacto virtual
<b>BOM (80-94)</b>	A qualidade da água é protegida, apresenta somente um grau pequeno de ameaça ou impacto
<b>MEDIANO (65-79)</b>	A qualidade da água é geralmente protegida, mas ameaçada ocasionalmente ou danificada
<b>MARGINAL (45-64)</b>	A qualidade da água é frequentemente ameaçada ou danificada
<b>RUIM (0-44)</b>	A qualidade da água quase sempre é ameaçada ou danificada

Fonte: Adaptado do CCME (2001)

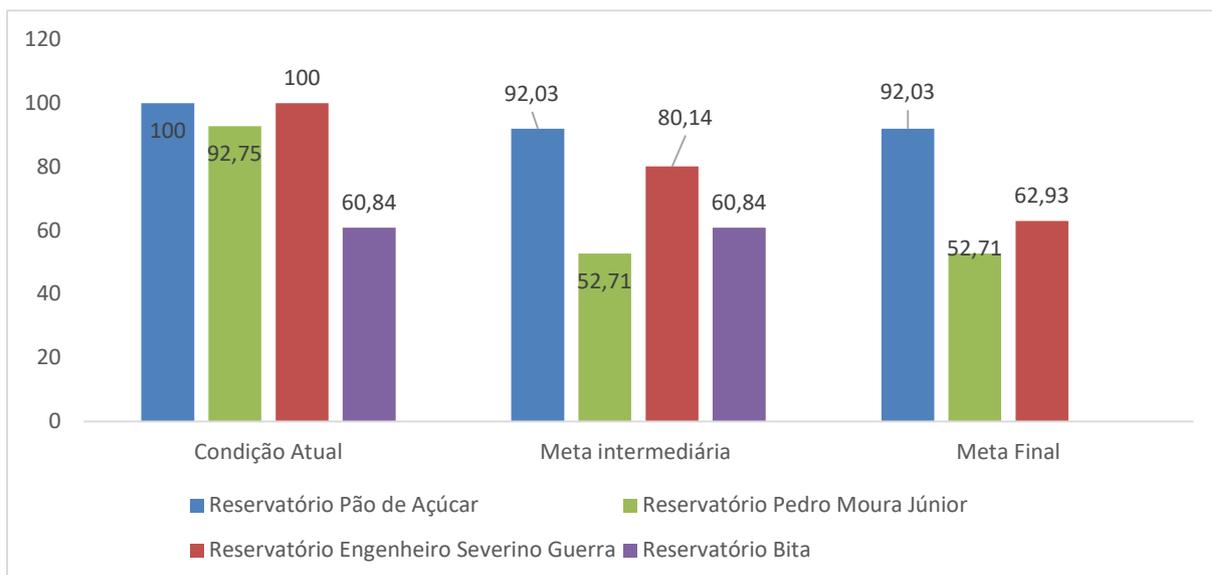
Portanto, quanto mais próximo de 100 o ICE, mais o ponto de monitoramento estará de acordo com o enquadramento do curso d'água (ANA, 2012). Para o cálculo do ICE foram elaboradas planilhas utilizando Microsoft Excel® empregando os parâmetros de monitoramento obtidos do banco de dados do monitoramento sistemático da APAC para cada reservatório selecionado para estudo e calculado o ICE para o enquadramento proposto para a condição atual e metas intermediária e final.

#### 4 RESULTADOS E ANÁLISE

Os resultados do ICE para os reservatórios Pão de Açúcar, Pedro Moura Júnior, Engenheiro Severino Guerra e Bitá são apresentados no Gráfico 1 e permitem avaliar a situação dos reservatórios quanto à classe de enquadramento proposta em três momentos: condição atual, meta intermediária e final, desde 2011 a 2019. Os menores valores de ICE são pontos que necessitam de maior fiscalização e ações para que possam atender aos limites estabelecidos na Proposta de Enquadramento da bacia do rio Ipojuca (PEI).

É importante salientar que não foi obtido resultado do ICE para a meta final do reservatório Bitá devido ao enquadramento proposto pela PEI ser classe especial, para a qual não há limites estabelecidos na Resolução nº 357/2005.

Gráfico 1 – Resultados dos cálculos do ICE para condição atual e metas intermediária e final entre 2011 e 2019



Fonte: elaboração do próprio autor (2021)

No Quadro 4 é apresentado um panorama geral onde se observa a classificação da água apontada pela PEI no trecho em que o reservatório está inserido e a classificação obtida em função dos dados de salinidade do monitoramento sistemático obtido da APAC, além dos dados de enquadramento reportados na PEI e ICE calculado. Observa-se uma divergência entre a classificação do tipo de água para os reservatórios Pão de Açúcar e Pedro Moura Jr.

Quadro 4 – Panorama geral dos dados obtidos para os reservatórios em estudo

Reservatórios	Tipo de água		Enquadramento PEI		ICE calculado	
	PEI	Dados da APAC	Meta intermediária	Meta final	Meta intermediária	Meta final
Pão de Açúcar	Doce	Salobra	Sem enquadramento	Sem enquadramento	92,03	92,03
Pedro Moura Jr.	Doce	Salobra	Classe 3	Classe 3	52,71	52,71
Engenheiro Severino Guerra	Doce	Doce	Classe 3	Classe 2	80,13	62,93
Bitá	Doce	Doce	Classe 1	Classe especial	60,84	-

Fonte: elaboração do próprio autor (2021)

#### • Reservatório Pão de Açúcar

De acordo com Quadro 4, verificou-se divergência entre o tipo de água que consta no relatório final (RF) da Proposta de Enquadramento da bacia do rio Ipojuca (PEI) para o trecho do rio em que o reservatório está inserido e o tipo de água obtido em função dos dados de salinidade disponibilizados pela APAC para as águas do reservatório. Vale salientar que essa divergência existe devido ao fato da PEI

considerar o trecho em que o reservatório está inserido e os dados de monitoramento da qualidade da água corresponderem às amostras coletadas no próprio reservatório.

Analisando os dados de salinidade do monitoramento sistemático da qualidade de água do reservatório Pão de Açúcar observa-se, no período de 2011 a 2019, que foram coletadas 31 amostras de água nesse período e todas apresentaram o valor de salinidade superior a 0,5‰ e inferior a 30‰, portanto caracterizadas como águas salobras, segundo definido no art. 2, da resolução CONAMA 357/2005.

Todavia, para cálculo do ICE, foi considerado o que está apontado na PEI, ou seja, água doce e enquadramento na classe 4, para a condição atual. Para as metas intermediária e final, pela PEI, o trecho no qual está inserido o reservatório Pão de Açúcar apresentou-se sem enquadramento (Quadro 4). Entretanto, para efeito deste estudo e, conseqüentemente, ser possível calcular o ICE, considerou-se o que diz a legislação quando não há enquadramento: classe 2 para as águas doces, exceto se as condições de qualidade atuais forem superiores, o que determinará na aplicação da classe mais rigorosa.

De acordo com o Gráfico 1, pode-se constatar que o resultado obtido do ICE para o Pão de Açúcar, na condição atual, foi no valor de 100, isso ocorre quando não há nenhum parâmetro em desacordo com os limites propostos na Resolução nº 357/2005 para a classe em que foi enquadrado o corpo hídrico. Para as metas intermediária e final foi de 92,03, em que segundo a classificação do ICE, encontra-se na faixa 95-100, sendo classificada como “excelente”, portanto, seu enquadramento está próximo a atender os limites estabelecidos para a classe 1, conforme consideração feita no parágrafo anterior já que a PEI não aponta nenhuma classe de enquadramento para esse trecho.

#### • Reservatório Pedro Moura Júnior

Análogo ao reservatório Pão de Açúcar, encontrou-se divergência entre a classificação do tipo de água obtida na PEI para o trecho de rio no qual o reservatório está inserido e a obtida a partir dos dados do monitoramento sistemático da qualidade da água do reservatório.

Observou-se que as águas do reservatório Pedro Moura Júnior são definidas como águas salobras, baseando-se no valor de salinidade observado no mesmo período (2011 a 2019). Neste intervalo de tempo, para este reservatório, foram coletadas 33 amostras de água, todas apresentaram o valor da salinidade maior que 0,5‰ e inferior a 30‰.

Pelo panorama observado no Quadro 4, verificou-se que as águas do reservatório Pedro Moura Júnior foram enquadradas pela PEI como classe 3 e classificada como água doce, tanto para meta intermediária, como também para a meta final.

Os resultados para a condição atual foi de 92,75 (Quadro 1) quando enquadrado como classe 4, portanto, próximo de atingir o objetivo de atender ao enquadramento desta classe. Entretanto, para as metas intermediária e final o resultado obtido foi de 52,71, sendo classificado, segundo o ICE, como “Marginal” e bem distante de alcançar o enquadramento proposto pela PEI, sendo necessário diversos investimentos na bacia hidrográfica para que a qualidade da água dos corpos hídricos apresente melhores resultados.

- **Reservatório Engenheiro Severino Guerra**

O trecho em que o reservatório Engenheiro Severino Guerra está inserido foi classificado como de água doce na PEI, cuja confirmação foi obtida com a análise dos disponíveis de qualidade de água no período de 2011 a 2019, os quais apresentaram 33 amostras em cada ano, sendo todas com valor de salinidade inferior a 0,5‰.

O reservatório Engenheiro Severino Guerra, Bituri, conforme apresentado no Quadro 1, na condição atual é enquadrado, segundo a PEI, como classe 4, enquanto na meta intermediária é classe 3 e meta final classe 2, e suas águas são destinadas ao abastecimento para consumo humano, irrigação, dessedentação animal, pesca e recreação.

O resultado obtido do ICE para o reservatório foi de respectivamente 100, 80,14 e 62,93 (Gráfico 1), portanto, de acordo com valor encontrado do ICE, a classe 4 satisfaz a condição atual do reservatório, se apresentando na categoria “Excelente”. Na meta intermediária, o reservatório foi classificado como “Bom”, conforme Quadro 3 e, deste modo, as águas do reservatório estão próximas a atender as metas do enquadramento, apresentando um comportamento, no geral, de conformidade aos parâmetros que foram estabelecidos para o trecho do rio que o reservatório está inserido. A meta final foi classificada como “Marginal”, portanto, bem distantes de atender a classe proposta, classe 2, necessitando de inúmeros investimentos para que atenda a este objetivo.

- **Reservatório Bitá**

O trecho em que o reservatório Bitá está inserido foi classificado como água doce na PEI, o que coincide com a classificação obtida em função dos dados de qualidade de água, pois apresentaram valor de salinidade inferior a 0,5‰ em 33 amostras coletadas no próprio reservatório no período de 2011 a 2019.

Dentre os reservatórios estudados, o Bitá foi o que apresentou o enquadramento mais restritivo, por localiza-se no interior de uma Unidade de Conservação de Proteção Integral. O enquadramento proposto foi classe 1 na condição atual e para a meta intermediária, enquanto que na meta final foi enquadrado como classe especial.

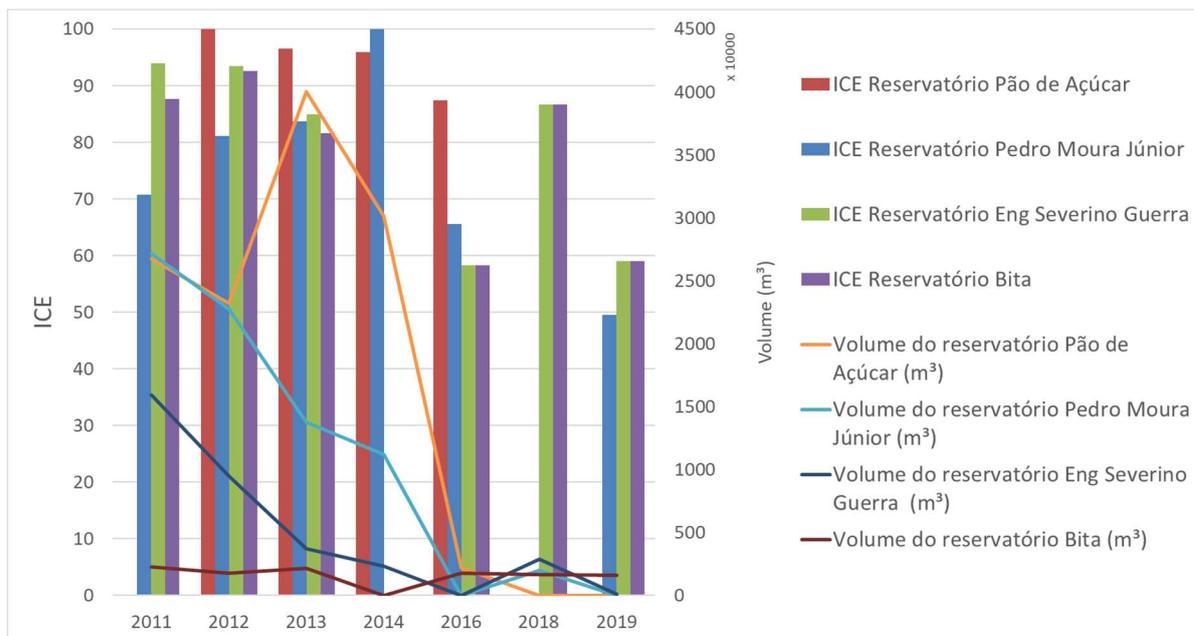
Os resultados obtidos do ICE apresentaram o valor de 60,84, tanto na condição atual como na meta intermediária, sendo, portanto, classificado como “Marginal”, e mais distante de atender as metas do enquadramento. Esses valores foram afetados pela qualidade da água observada em 2016 e 2019, que pode ser reflexo do baixo volume das águas do reservatório nesse período, como pode ser observado no Gráfico 2.

Segundo os resultados obtidos é possível verificar que devido aos dados de monitoramento, o ICE calculado apresentou valores baixos, portanto, esse reservatório é o que apresentará maior dificuldade de atingir sua meta de enquadramento, sendo a demanda bioquímica de oxigênio (DBO), a clorofila A e coliformes termotolerantes os principais parâmetros responsáveis pelo baixo resultado. É necessário, portanto, um controle mais rigoroso das fontes de poluição e um maior comprometimento do órgão gestor em investir em programas e projetos que ajudem o corpo hídrico a atingir a meta almejada.

### • Variação temporal dos volumes dos reservatórios

No Gráfico 2 são apresentadas a variação temporal do ICE para a meta intermediária e dos volumes dos reservatórios em estudo entre os anos de 2011 e 2019. Os volumes foram obtidos através do Sistema de Acompanhamento de Reservatórios (SAR), que consiste em um sistema operacional que reúne dados dos reservatórios do Brasil, disponibilizado pela Agência Nacional de Águas (ANA).

Gráfico 2 – Variação temporal do ICE e do volume entre os anos de 2011 e 2019



Fonte: elaboração do próprio autor (2021)

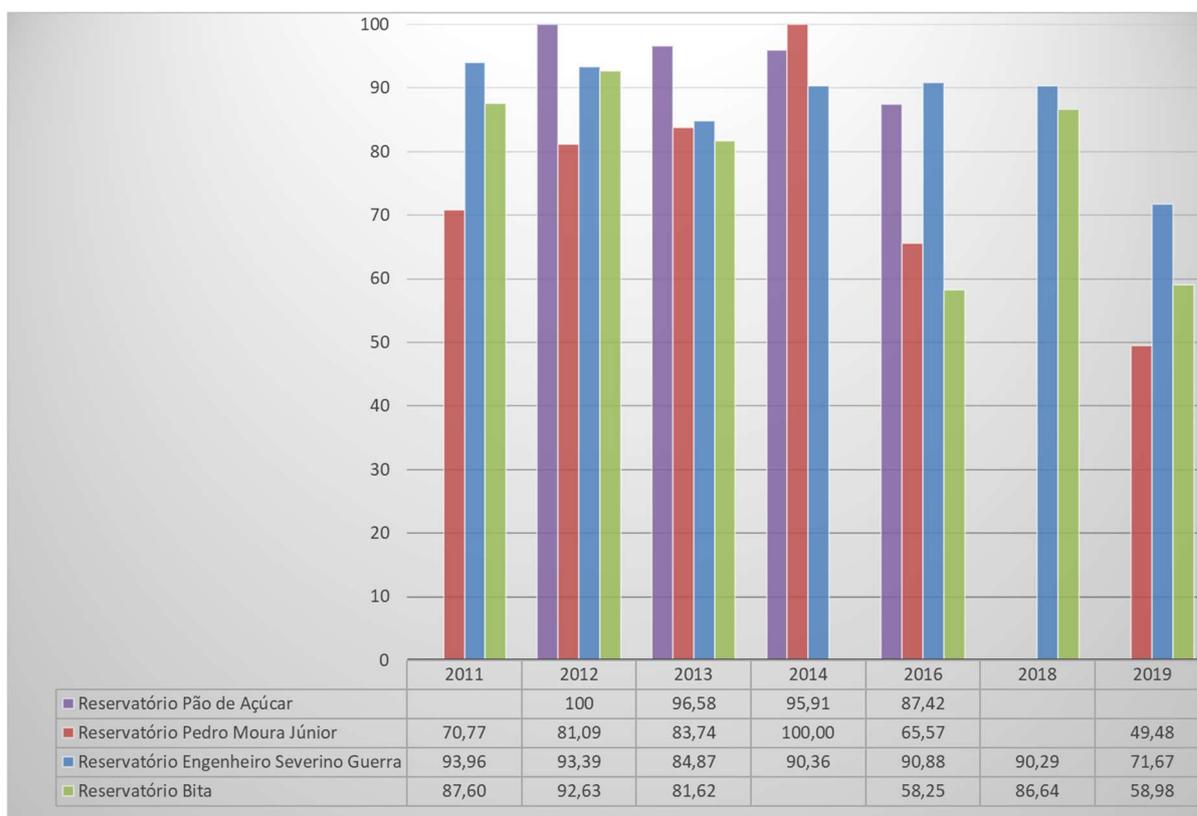
Observa-se com o Gráfico 2 que o volume dos reservatórios foi um fator de grande influência nos valores do ICE, pois à medida que diminui a incidência de chuvas há uma piora na qualidade de água do reservatório e, conseqüentemente, o valor do ICE tende a diminuir. Oliveira *et al.* (2018) afirmam que, para o reservatório Engenheiro Severino Guerra, à medida que o volume aumenta pode ocorrer uma ação diluidora da chuva aliado aos fatores morfométricos da bacia.

Vale ressaltar que, para os anos de 2015 e 2017 não foram obtidos dados históricos do monitoramento da qualidade da água para os reservatórios estudados, o que fez com que não fosse possível o cálculo do ICE para estes anos.

Ainda observando o Gráfico 2, o reservatório Bita apresentou uma melhora no valor encontrado do ICE no ano de 2018, apesar da não observância de aumento de volume, no entanto, em 2019, observou-se um maior percentual de inconformidade (ICE menor), o que pode ser justificado pela influência do aglomerado urbano. Nesse contexto, destaca-se a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e a clorofila A com elevados valores e, além disso, o oxigênio dissolvido (OD), que no ano de 2016 apresentou um valor oito vezes menor que o limite mínimo aceitável para classe de enquadramento proposta, como parâmetros que contribuíram significativamente para uma piora do ICE neste reservatório.

No Gráfico 3 pode-se observar os valores da variação do ICE para a meta intermediária para cada ano, aplicados aos reservatórios em estudo no período de 2011 a 2019.

Gráfico 3 – Variação temporal do ICE nos reservatórios Pão de Açúcar, Pedro Moura Jr., Eng. Severino Guerra e Bita



Fonte: elaboração do próprio autor (2021)

Para o reservatório Pão de Açúcar não foi possível calcular os valores do ICE para os anos de 2011, 2015, 2017 a 2019 por falta de dados de qualidade de água, sendo o reservatório que apresentou menor conjunto de dados. Todavia, os valores do ICE em geral se mantiveram na classificação como “bom”, portanto, encontram-se próximo a atender a classe 1, apesar disso, observa-se uma queda nos valores do ICE demonstrando uma tendência de degradação da qualidade da água. Os parâmetros que apresentaram desconformidades foi o oxigênio dissolvido, fósforo total e coliformes termotolerantes, que podem indicar influência de lançamento de efluentes e atividade agrícola na região.

O reservatório Pedro Moura Júnior apresentou os resultados não satisfatórios nos anos de 2016 e 2019, sendo este último classificado como marginal, desta forma mais distante de atender as metas do enquadramento proposto que foi de classe 3 pela PEI. Os parâmetros que apresentaram maior desconformidade com os limites estabelecidos pela Resolução nº 357/2005 foram fósforo total, cianobactérias e clorofila A. Observou-se também que no ano de 2014 o ICE apresentou um valor de 100, pois nenhum parâmetro estava em desacordo com os limites da classe proposta. Para os anos de 2015, 2017 e 2018 não se obteve dados de qualidade da água, dessa forma, não foi possível cálculo do ICE.

Para o reservatório Engenheiro Severino Guerra, análogo aos reservatórios já citados, não possui valores do ICE nos anos de 2015 e 2017, por falta de dados de qualidade da água. Além disso, constatou-se que no ano de 2019 apresentou o resultado mais distante do desejável, sendo classificado como “mediano”, sendo, portanto, uma preocupação devido a sua importância no abastecimento da região em que se encontra. Segundo Oliveira *et al.* (2018) no reservatório Engenheiro Severino

Guerra, nota-se a presença de atividades potencialmente poluidoras como áreas agrícolas e alguns núcleos urbanos, que podem impactar significativamente na qualidade de suas águas.

Para o reservatório Bitá, observou-se que nos anos de 2016 e 2019 foram encontrados os resultados mais desfavoráveis (58,25 e 58,98 respectivamente) principalmente por ser o reservatório com classe proposta mais restritiva por se encontrar no interior da Estação Ecológica Bitá e Utinga. Entretanto com exceção dos anos citados, todos os anos apresentaram resultados satisfatórios próximos de alcançar o objetivo do enquadramento proposto. E semelhante aos reservatórios anteriores, por ausência de dados de qualidade da água, não foi possível obter os valores do ICE para os anos de 2014, 2015 e 2017.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ICE foi eficaz em apontar a maior ou menor distância no atendimento da Proposta de Enquadramento da bacia do rio Ipojuca (PEI), estabelecendo dentre os reservatórios estudados aquele que necessita de maiores investimentos públicos para alcance das metas propostas.

Vale ressaltar que houve divergência na classificação das águas do reservatório Pão de Açúcar e Pedro Moura Júnior obtida em função dos dados de salinidade do monitoramento sistemático da qualidade da água e apontada na PEI, tendo em vista que este considera o trecho em que o reservatório está inserido e não os dados de qualidade do próprio reservatório. Entretanto, esta condição não ocasionou nenhuma interferência na avaliação da proposta de enquadramento através do ICE apresentada neste estudo.

Outros pontos a destacar são: a influência do volume dos reservatórios na qualidade das águas e a piora da mesma ao longo dos anos, indicando a falta de intervenções que visam melhorar a qualidade da água nos trechos em estudo.

A metodologia proposta para cálculo do ICE reafirma a importância do monitoramento periódico e consistente, principalmente por esses reservatórios serem destinados a usos prioritários como o abastecimento humano.

Sugere-se, para trabalhos futuros, que seja realizada uma análise do uso e ocupação do solo para identificar impactos de atividades antrópicas na qualidade da água da bacia e a análise de sensibilidade para detectar os parâmetros prioritários a serem monitorados nos reservatórios estudados.

A implementação do enquadramento provoca um forte impacto e possíveis mudanças na gestão de recursos hídricos de uma bacia hidrográfica, evidenciando a extrema necessidade de existir maior fiscalização dos corpos hídricos acerca da qualidade da água e regularidade no monitoramento para que assim exista um controle mais rigoroso dos usos múltiplos das águas.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, G. S.; OLIVEIRA, I. B. Application of the index WQI-CCME with data aggregation per monitoring campaign and per section of the river: case study—Joanes River, Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 190, n. 4, 2018.

- AMARO, C. A. Proposta De Um Índice Para Avaliação Da Qualidade Dos Corpos Hídricos Ao Enquadramento. **Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Engenharia.**, p. 224, 2009.
- AMARO, C. A.; PORTO, M. F. DO A. Proposta De Um Índice Para Avaliação Da Qualidade Dos Corpos Hídricos Ao Enquadramento. **XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, p. 17, 2009.
- ANA. **Panorama da Qualidade das águas superficiais do Brasil**. Brasília: 2012.
- APAC. Proposta de enquadramento dos corpos d'água da Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca - Relatório Final. **Agência Pernambucana de Águas e Clima**, p. 97, 2019.
- ARAUJO, M. P. DE. A implantação da Unidade de Conservação Estação Ecológica Bita e Utinga da refinaria Abreu e Lima, no Porto de Suape-PE. **Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco**, p. 1–121, 2016.
- BARBOSA, A. DE G.; SANTOS, K. M. S.; MICHELAN, D. C. DE G. S. Avaliação da Sazonalidade da Qualidade da Água do Açude da Macela em Itabaiana/SE. **Scientia cum Industria**, v. 7, n. 2, p. 24–31, 2019.
- BĂRBULESCU, A.; BARBEȘ, L. Assessing the water quality of the Danube River (at Chiciu, Romania) by statistical methods. **Environmental Earth Sciences**, v. 79, n. 6, 2020.
- BASTOS, S. Q.; JUNIOR, A. A. B.; GOMES, B. S. DE M.; DINIZ, J. A. DE S. Evidências entre a qualidade das bacias hidrográficas e as características dos municípios de Minas Gerais. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 56, n. 1, p. 143–162, 2018.
- BILGIN, A. Evaluation of surface water quality by using Canadian Council of Ministers of the Environment Water Quality Index (CCME WQI) method and discriminant analysis method: a case study Coruh River Basin. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 190, n. 9, 2018.
- BITENCOURT, C.; FERNANDES, C.; GALLEGOS, C. Panorama do enquadramento no Brasil: Uma reflexão crítica. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 16, n. 1, p. 9–9, 2019.
- BRASIL. Lei nº9.433 de 8 de janeiro de 1997. Instituí a política nacional de recursos hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. **Diário Oficial da União. Seção 1. 09/01/1997. p. 470**, 1997.
- CARNEIRO, F. M. F.; FRAGA, M. DE S.; REIS, G. B.; TOZI, T.; SILVA, D. D. DA. Proposta de enquadramento de corpos hídricos em classes de uso na bacia hidrográfica do rio Piranga utilizando geoprocessamento. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 05, p. 2491–2502, 2020.
- CCME. Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. **Canadian Council of Ministers of the Environment**, p.145, 2003
- CNRH. Resolução n.º 91, de 5 de novembro de 2008. **Diário Oficial**, v. 2008, n. 053, p. 58–63, 2008.
- CONAMA. Resolução CONAMA n.º 357, de 17 de março de 2005\* (Retificada). **Conselho Nacional do Meio Ambiente**, n. 204, p. 36, 2005.
- CORDEIRO-ARAÚJO, M. K.; FUENTES, E. V.; ARAGÃO, N. K. V.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C.; MOURA, A. N. Dinâmica fitoplanctônica relacionada às condições

ambientais em reservatório de abastecimento público do semiárido brasileiro.

**Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal of Agricultural Sciences**, v. 5, n. 4, p. 592–599, 2010.

ISLAM, N.; SADIQ, R.; RODRIGUEZ, M. J.; LEGAY, C. Assessment of water quality in distribution networks through the lens of disinfection by-product rules. **Water SA**, v. 42, n. 2, p. 337–349, 2016.

LIMA, G. R. R.; SOUZA, S. DE O.; ALENCAR, F. K. M. DE; ARAÚJO, A. L. DE; SILVA, F. J. A. DA. O que comunicam os índices de qualidade de água e de estado trófico em um reservatório do semiárido brasileiro? **Rev. Geociências**, v.39, n.1, p.181-190, 2020.

MENBERU, Z.; MOGESSE, B.; REDDYTHOTA, D. Evaluation of water quality and eutrophication status of Hawassa Lake based on different water quality indices. **Applied Water Science**, v. 11, n. 3, p. 1–10, 2021.

OLIVEIRA, I. DA S.; PANTA, L. M. L. S.; BARBOSA, I. M. B. R.; SILVA, S. R. Índice de Conformidade ao Enquadramento nos Reservatórios Jucazinho, Bituri, Botafogo e Pirapama, em Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 11, n. 04, p. 1575–1584, 2018.

PERNAMBUCO. Plano Hidroambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca Tomo IV: Resumo Executivo. **Projetos Técnicos**, p. 1–92, 2010.

PORTO, M. F. A. Sistemas de gestão da qualidade das águas: uma proposta para o caso brasileiro. 2002. 131 p. Tese (Livre Docência) - Escola Politécnica, **Universidade de São Paulo**, São Paulo, 2002

RODRIGUES, R. B. Gestão de Recursos Hídricos. Portal de Ecologia Aquática, Departamento de Ecologia, IB, USP

SETHY, S. N.; SYED, T. H.; KUMAR, A. Evaluation of groundwater quality in parts of the Southern Gangetic Plain using water quality indices. **Environmental Earth Sciences**, v. 76, n. 3, 2017.

SILVA, A. C. Análise Morfométrica na Bacia Hidrográfica do rio Ipojuca/PE e sua relação Litoestrutural nos canais de drenagem. **Revista GeoSertões**, v. 6, n. 11, p. 108–130, 2021.

SILVA, B. DE M. Modelagem hidrológica e hidrodinâmica para avaliação de inundações na zona urbana de Caruaru, PE. **Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil**, p. 108, 2019.

SILVA, M. T. L. Aplicação do Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE) de cursos d'água. **Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais**, p. 98, 2017.

STRADA, D. C. Aplicação do IQA-CCME em série histórica de qualidade da água: Estudo de Caso das sub-bacias do Arroio do Salso e do Arroio Lami, RS. **Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, p. 120, 2021.

VON SPERLING, M. **Vol 1 - Introdução a qualidade de água e tratamento de esgoto**, 2ª Ed, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental: Universidade Federal de Minas Gerais, p.243, 2014.