

Diagnóstico da qualidade da água da bacia do Rio Goiana

Polliana Fontoura Guilherme de Souza¹, Cibele Rodrigues Costa^{2*}, Monica Ferreira da Costa³

¹Graduanda em Oceanografia, Departamento de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.

²Mestre em Oceanografia, Departamento de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil (*Autor correspondente: cibele.crc@gmail.com).

³PhD em Environmental Sciences, Departamento de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.

Histórico do Artigo: Submetido em: 11/04/2019 – Revisado em: 14/05/2019 – Aceito em: 18/05/2019

RESUMO

O monitoramento das bacias hidrográficas é um instrumento de gestão ambiental que visa garantir padrões de qualidade da água e sua conservação. Em Pernambuco, essa responsabilidade cabe à Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH), onde uma das bacias hidrográficas monitoradas é a do Rio Goiana. Fez-se um diagnóstico espaço-temporal inédito da qualidade da água dessa bacia de 2001 a 2014, visando observar a evolução da qualidade da água em toda a bacia. Utilizou-se para tal um índice padronizado (IQA). Dessa forma, foi possível comparar a variabilidade da qualidade de água da bacia em questão com as de outras regiões do país, além de realizar análises estatísticas não paramétricas que identificaram diferenças significativas da variação espaço-temporal do IQA.

Palavras-Chaves: abastecimento público, estratégia amostral, disponibilidade hídrica.

Diagnosis of water quality in Goiana River Basin

ABSTRACT

Hydrographic basins monitoring is an environmental management tool that aims at ensuring water quality standards and aquatic conservation. In Pernambuco, this responsibility rests with the State Agency for the Environment (CPRH), where one of the hydrographic basins monitored is the Goiana River. A novel spatiotemporal diagnosis of water quality this basin was made for 2001 to 2014, aiming to observe the evolution of water quality throughout the basin. A standardized index (IQA) was used for this purpose. Thus, it was possible to compare the water quality variability of the basin in question with those of other regions of the country, in addition to performing non-parametric statistical analyses that identified significant spatial-temporal variation of the IQA.

Keywords: public supply, sample strategy, water availability.

1. Introdução

As bacias hidrográficas do litoral leste do Brasil estão sob forte pressão de uso para abastecimento das populações e para suprir demandas dos diferentes setores econômicos como agricultura, pecuária, indústria, porém ainda seguem prestando importantes serviços ecológicos (ANA, 2013; CONDEPE/FIDEM, 2005). O monitoramento e avaliação da qualidade das suas águas permite relacionar as possíveis causas de variações dessas condições e projetar cenários futuros em eventos de poluição e degradação ambiental (ANA, 2013; Braga et al., 2005), assim como ajudar a planejar sua conservação.

O monitoramento consiste em um importante instrumento de gestão ambiental que visa, dentre outros aspectos, detectar a violação nos padrões de qualidade da água das bacias hidrográficas e, em última instância, garantir a sua conservação através da observação das tendências a médio (anos) e longo (décadas) prazos (ANA, 2013; CONDEPE/FIDEM, 2005; Costa; Costa & Barletta, 2018; Costa et al., 2017).

Em Pernambuco, o programa de monitoramento da qualidade da água de bacias hidrográficas foi implementado, e ainda é executado, pela Agência Estadual de Meio Ambiente – CPRH, há quase 40 anos, quando selecionaram bacias e pontos amostrais para realizar tal atividade em todo o território do estado (ex. CPRH, 2015). A partir dos dados coletados atualmente bimensalmente, são confeccionados e divulgados relatórios anuais a respeito da qualidade das águas das bacias do estado, assim como diagnósticos preliminares de suas condições no período coberto pelas amostragens.

Dentre as bacias monitoradas está a do Rio Goiana, na Zona da Mata Norte de Pernambuco, que forma a fronteira política com o estado da Paraíba, próxima ao litoral (CPRH, 2015). No entanto, quase a totalidade da área de drenagem se encontra no estado de Pernambuco, sob sua responsabilidade de uso e cuidados. Essa bacia deságua em um estuário importante para o estado, pois além de abrigar uma Reserva Extrativista Marinha/Costeira, apresenta condições de relativa preservação ambiental das florestas alagadas de manguezal, da qualidade das águas (Costa; Costa & Barletta, 2018; Costa; Costa & Barletta, 2019; Costa et al., 2017) e sustenta toda a produção pesqueira da região (Barletta; Costa, 2009).

Os dados gerados pelos programas estaduais de monitoramento de qualidade de águas podem ser sintetizados em índices compreensíveis, o que ajuda na tomada de decisões e na comunicação dos resultados da ação gerencial à população (Magnusson et al., 2009). Índices de qualidade da água são números que sintetizam cenários complexos, compostos de muitas variáveis, e facilitam comparações espaço-temporais do estado de conservação de um ambiente aquático (UNEP-GEMS, 2007; Moretto et al., 2012), assim como suas potencialidades para diversos usos. Há diversos índices em uso atualmente no Brasil e no mundo (Alves; Teresa & Nabout, 2014). Um dos mais comuns é o IQA – Índice de Qualidade das Águas, desenvolvido pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB (<http://www.cetesb.sp.gov.br/>), agência responsável pela atividade em São Paulo e pioneira no Brasil em muitos aspectos do monitoramento e gestão da água.

O IQA varia em uma escala de 0 a 100, sendo 0 a condição mais crítica e 100 a mais desejável (Tabela 1). Através deste índice, é possível visualizar em uma escala compreensível, o desenvolvimento da qualidade da água em diferentes escalas temporais e espaciais, dependendo do desenho amostral adotado. O índice também proporciona relacionar variações com eventos como secas e chuvas extremas, derrames de efluentes, intervenções físicas na bacia que tenham modificado suas condições de fluxo (Braga et al., 2005) e assim auxilia em práticas de gestão adaptativa (Moretto et al., 2012; Piratoba et al., 2017; Widmer, 2009).

Tabela 1 - Classificação do IQA e ponderação da sua escala de variação em cada classe de água.

Categoria	Ponderação
Ótima	79 < IQA ≤ 100
Boa	51 < IQA ≤ 79
Regular	36 < IQA ≤ 51
Ruim	19 < IQA ≤ 36
Péssima	IQA ≤ 19

Fonte: <http://www.cetesb.sp.gov.br/>.

O objetivo deste trabalho é, portanto, utilizando o IQA, realizar um diagnóstico inédito da qualidade da água da bacia do Rio Goiana (7° 22'20" e 7° 54'47" de latitude sul e 34° 49'06" e 35° 41'43" de longitude

a oeste; Pernambuco) durante um período de 14 anos (2001 a 2014) e, através dele, observar a evolução dessa propriedade em toda a bacia.

2. Material e Método

A bacia hidrográfica do Rio Goiana está situada na mesorregião da Zona da Mata Norte do estado de Pernambuco. Seu estuário possui extensão de 25 km (Costa; Costa & Barletta, 2018; Costa; Costa & Barletta, 2019; Costa et al., 2017), dando vazão a uma rede de drenagem dendrítica de aproximadamente 2.829 km² (CPRH, 2015). Essa drenagem abrange completa ou parcialmente os 26 municípios de Aliança, Araçoiaba, Bom Jardim (inclusive a sede), Buenos Aires, Camutanga, Carpina, Casinhas, Condado, Ferreiros, Goiana, Igarassú, Itambé (incl. sede), Itaquitinga (incl. sede), João Alfredo (incl. sede), Lagoa do Carro (incl. sede), Limoeiro, Macaparana, Machados, Nazaré da Mata, Orobó, Paudalho, São Vicente Férrer, Timbaúba, Tracunhaém (incl. sede) e Vicência (CPRH, 2015).

Ela é formada principalmente pelos Rios Capibaribe-Mirim e Tracunhaém. O primeiro localiza-se ao norte da bacia do Rio Goiana, constituindo 54% de sua área. Os principais afluentes desta sub-bacia são os Rios Tambémé, Tiúma, Ferreiros e Mulungu (margem esquerda); e os Rios Sirigi e Cruangi (margem direita) (CPRH, 2015). Já a sub-bacia do Rio Tracunhaém encontra-se na parte sul da bacia do Goiana, sendo 43% da extensão total e tem como afluentes, pela margem esquerda, os Rios Marajó, Orobó, Ribeiro e Acaú; e pela margem direita, os Rios Canguengo, Itapinassu e Carau (CPRH, 2015).

A bacia do Rio Goiana é caracterizada por um clima quente e úmido, sendo as chuvas concentradas no outono-inverno, com temperaturas médias anuais de 25°C (Aprile; Farias, 2001; Barletta; Costa, 2009). Ambos os afluentes cruzam áreas onde havia extensas florestas de Mata Atlântica, hoje pobremente preservada nas reservas legais das grandes propriedades rurais e em algumas unidades de conservação de diversas categorias. Caracterizada pela falta de mata ciliar, a área torna-se mais vulnerável a processos erosivos e assoreamento das nascentes e corpos d'água (Bezerra et al., 2014).

A atividade predominante na bacia ainda é, há séculos, o cultivo da cana-de-açúcar, seguida de sua moagem em usinas (Aprile; Farias, 2001; Barletta; Costa, 2009).

As atividades de cultivo da cana-de-açúcar e a policultura, além da pecuária, vêm, aos poucos, compartilhando espaço e recursos com indústrias diversas (automobilística, vidreira, fármaco-química) e urbanização. Resíduos líquidos de origem doméstica e agroindustrial são despejados em ambas as sub-bacias, embora na do Capibaribe-Mirim ocorra em maior quantidade. Como a irrigação da cana-de-açúcar, assim como a diluição de efluentes da moagem, são práticas onipresentes na bacia, salienta-se a importância da água como recurso natural fundamental para a região (Aprile; Farias, 2001; Barletta; Costa, 2009; Costa; Costa & Barletta, 2018; Costa; Costa & Barletta, 2019; Costa et al., 2017).

Para este trabalho, a bacia do Rio Goiana foi dividida em três porções de acordo com o curso do rio (alto, médio e baixo cursos). Nestas áreas foram identificados os pontos de amostragem do monitoramento de qualidade de água realizado pela CPRH (Tabela 2). Foram recolhidos os resultados brutos das variáveis físico-químicas em cada um destes pontos, durante os anos de estudo (2001 a 2014) em relatórios publicados online. O alto curso possui apenas um ponto amostral (GO-05), com dados de monitoramento da qualidade da água menos frequentes do que os outros pontos, e por isso foi deixado de fora deste trabalho. O monitoramento inclui ainda amostragens em reservatórios (3), que também não foram considerados neste momento.

Para o cálculo do IQA são necessários dados concomitantes de nove parâmetros físico-químicos da água: temperatura, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), coliformes termotolerantes, nitrogênio total, fósforo total, turbidez e sólidos totais. O monitoramento pernambucano realiza análises de oito desses nove parâmetros físico-químicos necessários, com exceção dos sólidos totais, o que provavelmente reprimiu até hoje o cálculo do IQA e, conseqüentemente, seu uso como ferramenta de gestão no estado.

Sendo assim, os valores de sólidos totais utilizados neste trabalho foram recolhidos e adaptados de outra bacia hidrográfica com características socioambientais (clima, extensão, localização, usos da água e do solo e impactos antrópicos atuais) semelhantes à da bacia estudada. A bacia escolhida foi a do Rio Curimataú, no estado do Rio Grande do Norte, poucos km a norte do Rio Goiana (www.igarn.rn.gov.br/).

Utilizou-se dados do curso médio desse rio para suprir as lacunas do curso médio do Rio Goiana em cada estação (seca e chuvosa) correspondentes. O mesmo procedimento se repetiu para o baixo curso. Assim

como na bacia do Rio Goiana, o Rio Curimataú também possui um alto curso monitorado com menos frequência pela agência estadual potiguar.

Tabela 2 - Síntese das características dos pontos de coleta da CPRH na bacia hidrográfica do Rio Goiana considerados neste estudo.

Pontos CPRH	Posição	Afluente	Nomenclatura	Curso
GO-15	25M 0245744 UTM 9168227	Capibaribe Mirim	Timbaúba	Médio
GO-55	25M 0262273 UTM 9169826	Capibaribe Mirim	Ferreiros	Médio
GO-75	25M 0266852 UTM 9151852	Tracunhaém	Itaquitinga	Médio
GO-80	25M 0279646 UTM 9161811	Tracunhaém	Tracunhaém	Baixo
GO-67	25M 0280217 UTM 9166047	Capibaribe Mirim	Capibaribe Mirim	Baixo
GO-85	25M 0283779 UTM 9164341	Goiana	Goiana	Baixo

Fonte: CPRH, 2015.

Os dados foram compilados em planilhas eletrônicas e organizados seguindo uma distribuição espaço-temporal. Considerou-se como fatores os anos, os pontos de coleta e estações do ano (seca e chuvosa), e como variáveis os nove tipos de dados físico-químicos. O corte entre estações seca e chuvosa seguiu a literatura (Barletta; Costa, 2009; Costa et al., 2017; Alves, 2015). Assim, foi realizada uma filtragem das linhas (cenários) completas disponíveis na matriz de dados. Posteriormente, estes parâmetros foram empregados no cálculo do IQA, através do software QualiGraf 1.17 (disponível em <http://www3.funcceme.br/qualigraf/>).

Para as análises estatísticas, foi empregado o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis, com o intuito de verificar as diferenças entre os valores do IQA ao longo dos anos (2001-2014), para cada local amostrado e para cada estação estudada. O software utilizado foi o Past 3.15.

3. Resultados e Discussão

Com a utilização de dados de sólidos totais de uma bacia hidrográfica semelhante (surrogate) para completar o conjunto da CPRH, foi possível pela primeira vez calcular o IQA para a bacia hidrográfica do Rio Goiana. Assim, gerou-se um conjunto de dados para auxiliar no diagnóstico da sua qualidade de águas e propor melhorias em seu monitoramento. Em 413 observações (cenários completos ou viáveis), houve um valor mínimo de IQA de 18 e máximo de 71 (Figura 1). Os valores calculados do IQA ficaram, na maior parte do tempo, concentrados no intervalo de 40 a 70.

Houve 210 observações do IQA na estação seca e 213 na estação chuvosa. Nesses períodos o índice variou de 18 a 71 e 22 a 67, respectivamente. Tal fato sugere que há uma tendência a uma menor qualidade de águas no período de estiagem e que não só o estuário (Costa et al., 2017), mas toda a bacia, depende fortemente das chuvas e do escoamento superficial para sua renovação.

A partir das análises realizadas foi observado que o IQA tem comportamentos significativamente diferentes influenciados pelos anos ($p < 0,01$), pelas estações ($p < 0,01$) e pela área ($p < 0,01$) coletados.

Características da bacia (altas temperaturas da água, volume reduzido do fluxo) aliadas a fatores antrópicos (subtração de água, lançamento contínuo de efluentes) (Barletta; Costa, 2009; Moretto et al., 2012; Ortega; Pompêo, 2017) contribuem para impedir que a qualidade da água atinja padrões de excelência (IQA > 80) devido à dificuldade de dissolução do oxigênio (Costa; Costa & Barletta, 2018; Costa; Costa & Barletta, 2019). Mas, mesmo diante dos usos e impactos sofridos ao longo da bacia, o IQA não apresentou muitos valores < 20 (péssima), demonstrando que ainda há resiliência nesse ambiente.

O período de seca apresentou maior variabilidade dos dados que no período chuvoso (Figura 1). Uma menor dispersão do IQA neste último certamente resultou, em média, melhores condições da qualidade da água. O valor médio do IQA nesse período possivelmente não decorreu da diluição da água. Lima (2010)

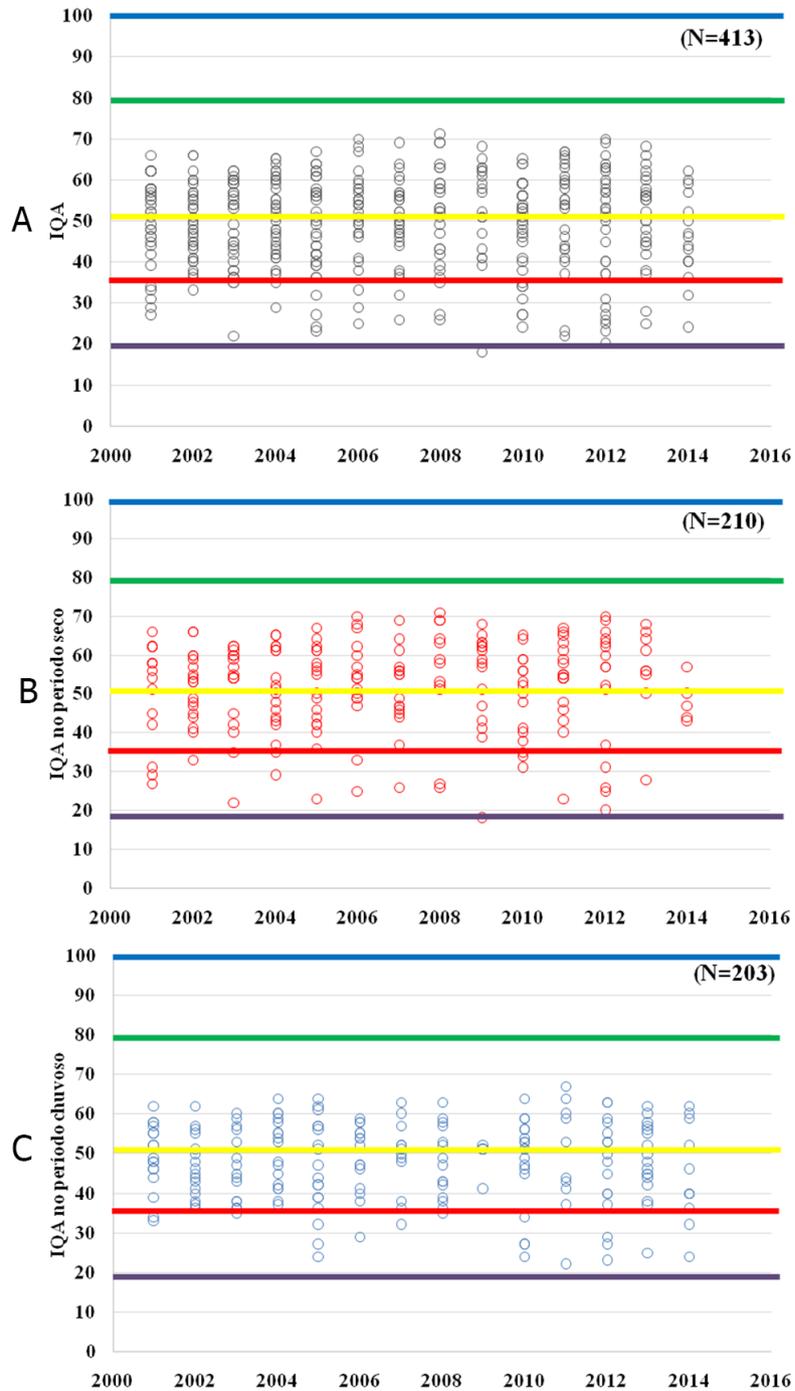
constatou que o IQA obtido para a bacia hidrográfica Pirangi decaiu nesse período, porém devido ao carreamento de poluentes do solo para água. Melhores condições da qualidade da água no período seco foram encontradas por Bonnet; Ferreira & Lobo (2008).

Considerando a variação temporal em cada ponto de coleta (Figura 2), observa-se que em Itaquitinga o IQA variou em uma melhor faixa que nas outras áreas, enquanto o IQA em Timbaúba apresentou os menores valores. Comparando sua variabilidade entre as áreas localizadas no médio e baixo curso, nota-se que o IQA não apresentou comportamento distinto para cada porção.

Itaquitinga e Timbaúba (boa e ruim, respectivamente) estão localizadas no médio curso da bacia e apesar disso apresentam condições divergentes de qualidade de água. Este fato retrata que a variabilidade espacial está diretamente relacionada com condicionantes locais, como os tipos de atividades desenvolvidas próximas ao ponto monitorado, uso do solo e da água (CPRH, 2015) e grau de ocupação, que é maior na segunda cidade (Aprile; Farias, 2001). O cenário de vulnerabilidade do ponto mais próximo à cidade de Timbaúba também foi constatado por Aprile e Farias (2001). Verificou-se que o mesmo está sujeito ao despejo de esgotos domésticos provenientes de outros trechos.

O IQA em Timbaúba variou de regular a ruim, em ambas as estações. Entretanto, nota-se que os anos de melhor qualidade da água foram 2010 e 2014, apresentando IQA > 40 durante a estação seca. Já no período chuvoso, não foi observada nenhuma melhora. Nos últimos anos analisados houve uma diminuição gradativa do IQA, cenário que pode estar relacionado com o aporte das cargas poluentes condicionados pela chuva que impossibilitaram uma recuperação da qualidade da água (Alves, 2015; Amâncio et al., 2018; Moretto et al., 2012; Ortega; Pompêo, 2017; Piratoba et al., 2017). Ambas as estações apresentaram alta dispersão, relacionada às condições de saneamento básico na área (CONDEPE/FIDEM, 2005).

Figura 1 - Distribuição do IQA no médio e baixo curso do Rio Goiana (Pernambuco) ao longo do tempo (a) em todos os cenários estudados (2001 a 2014), (b) durante o período seco e (c) durante o período chuvoso.



Em Ferreiros, o IQA foi classificado como bom e regular durante a seca. No período chuvoso a qualidade da água permaneceu regular. Porém, na primeira situação, foi observada uma maior variabilidade dos valores para o IQA na maioria dos anos estudados. Assim, infere-se, através da Figura 2, que nesta estação nenhuma melhora perdurou por mais de um ano. Indicando uma situação já preocupante, por não existir uma resposta de recuperação aos impactos antrópicos. Este fato também foi encontrado por Konzen; Figueiredo & Quevedo (2015) no ponto de coleta localizado no médio curso do Rio dos Sinos. Na estação chuvosa houve um decaimento gradativo sem nenhuma melhora significativa entre os anos de 2009 e 2014. Observando-se que neste último o IQA alcançou o limite mais baixo da condição encontrada.

Como foi relatada anteriormente, a qualidade da água observada em Itaquitinga foi classificada como boa na estação seca e também, na maior parte do tempo, durante a chuvosa, onde, porém, foram observadas maiores dispersões dos dados. O Rio dos Sinos estudado por Konzen; Figueiredo & Quevedo (2015), apesar de ser considerado poluído, possui um trecho que também apresenta uma qualidade de água boa, pois continua com um grau baixo de ocupação. Dessa forma, nota-se que durante os anos analisados a água encontrou-se em um bom cenário, porém não conseguiu alcançar uma condição de excelência.

Já em Tracunhaém, foi observada uma variabilidade expressiva do IQA durante a seca, levando a condições boas da qualidade da água, mas alguns intervalos apresentaram uma queda da mesma, alcançando uma faixa regular. No período chuvoso, o IQA permaneceu na faixa regular. Ramos (2015) também relatou uma queda da qualidade da água de boa para regular no período chuvoso no Rio Jaguari. Além disso, observou-se que nenhuma melhora ocorreu durante o período seco, depois de 2012. No período chuvoso as melhoras dentro da faixa regular foram bastante discretas em alguns intervalos de tempo, impossibilitando que o IQA evoluísse para uma faixa melhor.

No Rio Capibaribe Mirim a qualidade da água foi classificada como boa na maior parte do tempo durante o período seco, mas de 2013 para 2014 ocorreu uma queda significativa do IQA, configurando um cenário regular. Consequentemente, não houve nenhuma evolução satisfatória. Na estação chuvosa, o IQA apresentou uma flutuação entre as faixas boa e regular. Variações semelhantes do IQA foram observadas por Ramos (2005) no Rio Jaguari, para ambas as estações.

Considerando a variação do IQA observada entre os anos de 2002 a 2012 em Goiana durante estação seca, a qualidade da água foi classificada como boa e como regular. Quanto à estação chuvosa, nota-se uma maior variabilidade para os valores do IQA, porém a qualidade da água foi semelhante à encontrada durante o período seco. Condições piores foram encontradas por Santos (2008) nos trechos finais do Rio Corumbataí, apesar de se localizar mais no interior que o primeiro. Isto ressalta a relação complexa entre as variáveis naturais e antrópicas que interferem na qualidade da água.

O aumento do comprometimento da qualidade da água observado nos últimos anos, nos três últimos pontos, está relacionado à tendência de ocupação urbana devido ao atual incentivo para o desenvolvimento econômico das áreas litorâneas da bacia do Rio Goiana observado por Bezerra e colaboradores (2014) e Alves (2015). Esta tendência espacial também foi estudada por Trindade et al. (2017), que concluiu que as variações do IQA são influenciadas pela concentração populacional, contribuindo com os fatores poluentes.

Este fato expressa que não houve evolução para melhores condições da qualidade da água. Melhores condições foram encontradas por Lopes e colaboradores (2008) na bacia do Acaraú, onde o IQA variou de 60,79 a 80,28.

Os cenários observados no Rio Arari por Alves e colaboradores (2012), que encontraram condições regular e ruim demonstram a influências dos altos valores de coliformes fecais nas áreas afetadas por lançamento contínuo de efluentes. Dessa forma, o grau de comprometimento da qualidade da água nas condições analisadas anteriormente está estritamente relacionado com o comportamento dos parâmetros, que são sensíveis à presença de impactos ou alterações climáticas, que moldam a dinâmica do rio e sua resiliência.

Não foi possível, neste momento, determinar quais variáveis físico-químicas influenciaram mais fortemente o IQA. Esse estudo seria interessante para determinar as verdadeiras fontes tanto de variação do

índice, e conseqüentemente da qualidade da água, assim como as causas de sua maior dispersão no tempo e no espaço.

Era esperada uma variação mais previsível entre estações seca e chuvosa, com separação clara entre essas duas condições, mas não uma grande variação interna em cada estação como ocorreu. Era também esperada uma tendência temporal ao longo dos anos. No entanto, aparentemente não houve melhora ou piora significativa detectável ao longo de mais de uma década de acompanhamento.

Essa observação cria um alerta a respeito do valor do monitoramento que, se por um lado foi útil ao revelar essa informação, por outro não foi suficiente para alertar aos tomadores de decisão sobre a necessidade de agir frente aos cenários de maior vulnerabilidade do recurso hídrico. Isso pode estar atrelado também ao fato de que provavelmente ainda o monitoramento desenvolvido na região não seja suficiente para expor a situação real do ambiente.

Essa situação de estabilidade na qualidade hídrica dos corpos d'água estuarinos é uma condição também observada em outros estuários monitorados pela CPRH, onde há melhoras e pioras sazonais, porém com uma média estável. Possivelmente, outros estuários tropicais monitorados pelas agências estaduais no Brasil, apresentem este mesmo cenário. Apesar do monitoramento não ter revelado mudanças ocorridas ao longo do tempo, ainda pode ser de grande relevância ao servir de ponto de partida para comparações futuras. A partir dele será possível observar diversos tipos de impactos antrópicos, que declinam a qualidade das águas, como o lançamento de esgoto doméstico, e também melhoras na qualidade deste recurso, resultantes por exemplo da implementação de saneamento básico na região.

O acompanhamento ao longo do tempo permite que sejam implementadas ações de preservação da qualidade da água, garantindo os seus diversos usos humanos e ecológicos, para este recurso indispensável. Ainda, chama-se a atenção para as transformações socioeconômicas em andamento no baixo curso do rio (Alves, 2015; Alves, 2016; Costa; Costa & Barletta, 2018; Costa; Costa & Barletta, 2019; Costa et al., 2017), que podem entrar em conflito com metas de desenvolvimento sustentável e de conservação da natureza.

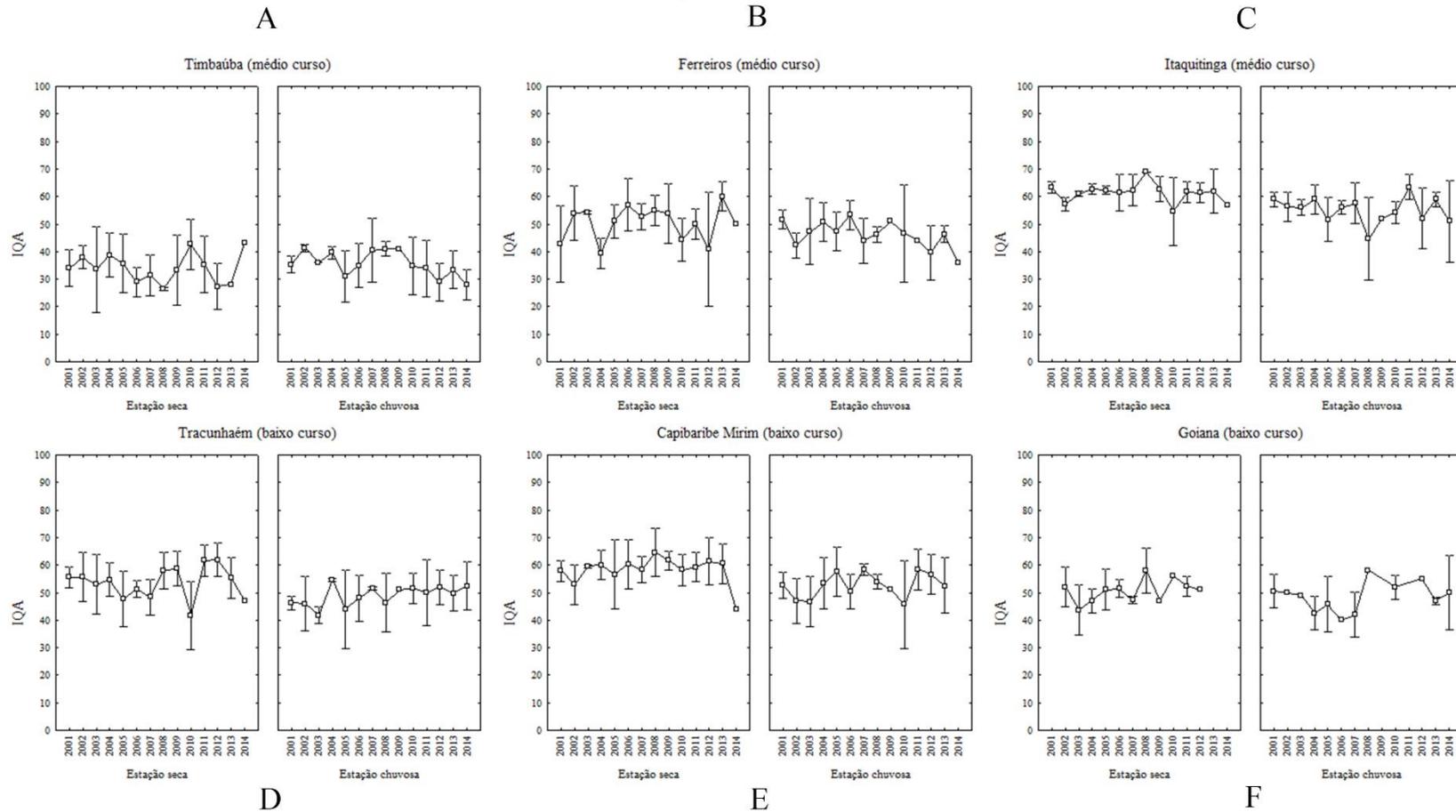
Observa-se no campo, desde a década de 2010, um maior controle do fluxo do rio por barramentos com objetivo de abastecimento de novos empreendimentos. Nesse caso, a tendência é de uma menor liberação de água para o baixo curso e estuário, sobretudo na estação seca, podendo comprometer a qualidade observada nesse trabalho (ruim a boa).

É possível que essa bacia, por suas dimensões reduzidas, posição em baixas latitudes e uso intenso nunca venha a apresentar IQA alto (>80), pois isso demanda presença de mata ciliar, alta turbulência e baixo teor de sólidos em suspensão – condições que, realisticamente, estão longe de ocorrer na região. Por outro lado, não é interessante que a frequência de IQA na faixa $19 < IQA < 36$ (ruim) aumente ou venha a prevalecer em determinados trechos do rio. Idealmente, dever-se-ia trabalhar no sentido de manter nos trechos perenes a maior frequência do índice nas faixas $51 < IQA < 79$ (boa) e $36 < IQA < 51$ (regular), mesmo na estação seca. Dessa forma, evitar a tomada de água acima da capacidade de suporte da bacia é essencial.

O que se quer ressaltar é que na bacia hidrográfica do Rio Goiana, a qualidade da água é, muito provavelmente, resultado de mudanças em seu fluxo, ou seja, quantidade de água disponível, e não necessariamente (ou exclusivamente) o lançamento de efluentes e processos erosivos do solo adjacente. Sob essa óptica, essa bacia não é exceção na costa leste do Brasil, ou em outros países como África do Sul e Austrália (Costa et al., 2017), onde regimes semiáridos continentais convivem com estreitas faixas litorâneas úmidas. Bacias que cruzam tais gradientes geralmente se encontram sob condições de alta vulnerabilidade, pois não contam com grandes fontes de água além das chuvas tropicais, de caráter marcadamente sazonal.

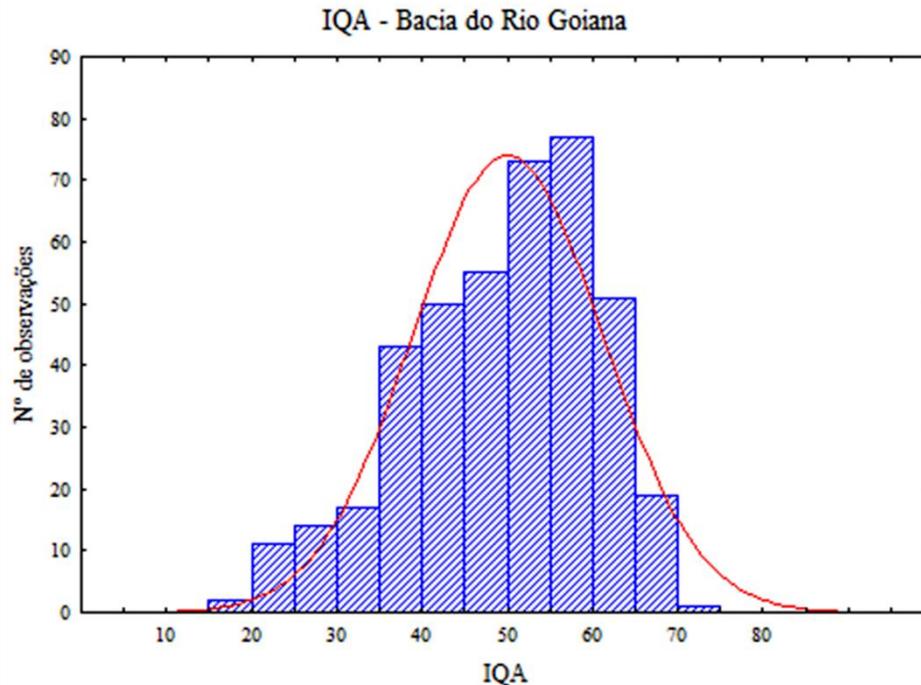
Além disso, altas densidades populacionais costeiras e mudanças globais também são fortes interferentes.

Figura 2 - Variação temporal (2001 a 2014) do IQA (média \pm desvpad) em cada ponto de coleta da CPRH no médio e baixo Rio Goiana considerado neste estudo por estação do ano (seca e chuvosa). A: Timbaúba (médio curso); B: Ferreiros (médio curso); C: Itaquitanga (médio curso); D: Tracunhaém (baixo curso); E: Capibaribe Mirim (baixo curso); E: Goiana (baixo curso).



A formulação de um diagnóstico da qualidade da água da bacia hidrográfica do Rio Goiana foi possível através da análise de suas condições mais frequentes (Figura 3), que apesar de não serem excelentes devido aos fatores explicados acima, ainda são boas. Resta ser estudado se essas condições ainda oferecem serviços ecológicos de qualidade à fauna, flora e populações humanas de seu entorno.

Figura 3 - Histograma de frequências do IQA em seis pontos monitorados pela CPRH nos médio e baixo cursos do Rio Goiana (Zona da Mata Norte de Pernambuco) de 2001 a 2014 (N=413). Linha vermelha = distribuição normal. Barras azuis = frequência de ocorrência a cada 5 pontos de IQA.



Durante metade do tempo, considerando-se todos os pontos e anos de coleta (cenários completos ou válidos), as condições da água foram classificadas como boas (Tabela 3). Há preocupação, no entanto, com a tendência da distribuição de frequências e totalidade dos dados (Figura 3) terem uma tendência a se concentrar do lado esquerdo do gráfico, domínio de menor qualidade da água.

Sendo assim, há de se propor análises que identifiquem esses cenários e as causas para seu estabelecimento. Em seguida, ações gerenciais poderiam ser priorizadas no sentido de promover estabelecimento e manutenção de melhor qualidade nesses cenários críticos, mesmo antes de se tentar estender a curva para a direita, em direção à categoria ótima.

Tabela 3 - Diagnóstico geral da qualidade da água da bacia hidrográfica do Rio Goiana em longo prazo (2001 a 2014) nos cenários observados neste trabalho.

Categoria	IQA	N	%
Ótima	79 < IQA < 100	0	0,0
Boa	51 < IQA < 79	206	49,9
Regular	36 < IQA < 51	152	36,8
Ruim	19 < IQA < 36	54	13,1
Péssima	IQA < 19	1	0,2

Total de observações = 413

4. Conclusão

As evidências levantadas a respeito das variações temporais da qualidade da água em cada área e seu comportamento em cada estação demonstram a importância do IQA para identificar e descrever seus cenários.

O avanço das análises estatísticas (confrontando o IQA com os volumes de chuvas registrados na estação meteorológica mais próxima, por exemplo) e mais conclusões sobre o IQA da bacia hidrográfica do Rio Goiana depende ainda de confirmações experimentais da validade do uso de valores substitutivos no cálculo do índice. Para tal, o monitoramento estadual deverá passar a incluir a variável físico-química sólidos totais. Assim, os próximos cenários já seriam completos (válidos), e os cenários anteriores poderiam ser validados e/ou se necessário corrigidos.

Assim como os outros índices, o mesmo permite relacionar as condições do corpo d'água estudado com os fatores que as condicionam. Dessa forma, tem um grande papel como ferramenta de manejo das bacias hidrográficas. Porém é fundamental que existam informações suficientes referentes aos nove parâmetros considerados pelo IQA para que seja possível aplicá-lo. Pois, assim como encontrado por Konzen; Figueiredo & Quevedo (2015), ainda existe bastante dificuldade na obtenção dos dados por não haver uma frequência adequada. Este fato ressalta a importância de um monitoramento que apreenda uma coleta contínua de dados para a fomentação de estudos em longo prazo para obtenção de diagnósticos da qualidade das águas.

Além disso, como foi observado por Alves e colaboradores (2012), o IQA nem sempre possui eficiência nos estudos de algumas áreas devido à limitação dos parâmetros físico-químicos considerados em seu cálculo. Portanto, compreende-se que é crucial que haja uma padronização do IQA para que este alcance uma maior representatividade e assim facilite a comparação da qualidade da água entre bacias hidrográficas que apresentem diferentes características.

Os diversos cursos que compõem a bacia do Rio Goiana representam um importante recurso para a região. Com sua atual configuração de vulnerabilidade, há diversos fatores relatados anteriormente que já demonstraram influenciar negativamente na qualidade da água. Logo, percebe-se a necessidade de um planejamento de gestão para essa bacia que permita acompanhar e prever os atuais e futuros impactos, respectivamente, para que seja possível amenizá-los ou cessá-los na busca por melhores condições de suas águas.

5. Agradecimentos

PIBIC/UFPE, CNPq, CAPES e FACEPE pelas bolsas de estudo e financiamento de projetos. MFC é PQ1C CNPq.

6. Referências

Alves, I. C. C.; El-Robrini, M.; Santos, M. L. S.; Monteiro, S. M.; Barbosa, L. P. F. & Guimarães, J. T. F. (2012). Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do Rio Arari (Ilha de Marajó, norte do Brasil). *Acta Amazonica*, 42, 115–124.

Alves, L. H. B. (2015). **Modelagem da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) no alto estuário do Rio Goiana**. Monografia, Bacharelado em Oceanografia. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil.

Alves, L. H. B. (2016). **Tendências temporais e espaciais da balneabilidade das praias do município de Goiana: perspectivas históricas e futuras diante das transformações socioeconômicas do Zona da Mata e Litoral Norte do estado de Pernambuco**. Dissertação, Mestrado em Oceanografia. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil.

Alves, M. T. R.; Teresa, F. B. & Nabout, J. (2014). A global scientific literature of research on water quality indices: trends, biases and future directions. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 26, 245–253.

Amâncio, D. V.; Coelho, G.; Marques, R. F. P. V.; Viola, M. R. & Mello, C. R. (2018). Qualidade da água nas sub-bacias hidrográficas dos Rios Capivari e Mortes, Minas Gerais. *Revista Scientia Agraria*, 19, 75-86.

ANA – Agência Nacional das Águas. (2013). **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil: 2013**. Brasília.

Aprile, F. M.; Farias, V. P. (2001). Avaliação da qualidade de água da bacia do Rio Goiana, Pernambuco - Brasil. *Bioikos*, 15, 109–114.

Barletta, M. & Costa, M. F. (2009). Living and Non-living Resources Exploitation in a Tropical Semi-arid Estuary. *Journal of Coastal Research*, SI 56, 371–375.

Bezerra, G. S. C. L.; Oliveira, E. J. A.; Silva, R. F. & Carvalho, R. M. C. M. O. (2014). Unidades de conservação no contexto de bacia hidrográfica: os refúgios de vida silvestre Matas de Água Azul e Matas de Siriji na bacia do Rio Goiana, em Pernambuco. **Anais CONGESTAS 2014 - Congresso Brasileiro Gestão Ambiental e Sustentabilidade**. João Pessoa, PB, Brasil, 6.

Bonnet, B. R. P.; Fereira, L. G. & Lobo, F. C. (2008). Relações entre qualidade da água e uso do solo em Goiás: Uma análise à escala da bacia hidrográfica. *Árvore*, 32, 311–322.

Braga, B.; Hespanhol, I.; Conejo, J. G. L.; Mierzwa, J. C.; Barros, M. T. L.; Spencer, M.; Porto, M.; Nucci, N.; Juliano, N. & Eiger, S. (2005). **Introdução à Engenharia Ambiental** (2ª edição). Pearson Universidades, Brasil.

CONDEPE/FIDEM – Agência Estadual de Planejamento e Pesquisa de Pernambuco. (2005). **Bacia Hidrográfica do Rio Goiana e sexto grupo de bacias hidrográficas de pequenos rios litorâneos – GL6**.

Série Bacias Hidrográficas de Pernambuco N° 2. Recife.

Costa, C. R.; Costa, M. F. & Barletta, M. (2019). Análise Integrada da Qualidade da Água na Bacia e no Complexo Estuarino do Rio Goiana, Pernambuco, Brasil. **Revista Costas**, 1(1), 133-146.

Costa, C. R.; Costa, M. F. & Barletta, M. (2018). Interannual and Seasonal Variations in Estuarine Water Quality. **Frontiers in Marine Science**, 5, 301, 1-12.

Costa, C. R.; Costa, M. F. & Barletta, M.; Alves, L. H. B. (2017). Interannual water quality changes at the head of a tropical estuary. **Environmental Monitoring and Assessment**, 189, 628, 1-13.

CPRH – Agência Estadual de Meio Ambiente. (2015). **Relatório de monitoramento da qualidade da água de bacias hidrográficas do estado de Pernambuco - 2014**. Recife.

Konzen, G. B.; Figueiredo, J. A. S. & Quevedo, D. M. (2015). History of water quality parameters – a study on the Sinos River/Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, 75, 1–10.

Lima, M. S. B. (2010). **Monitoramento das águas da bacia hidrográfica Pirangi pela determinação dos índices de qualidade da água - IQA e índice de toxidez - IT**. Dissertação, Mestrado em Química. 2010. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil.

Lopes, F. B.; Teixeira, A. D. S.; Andrade, E. M.; Aquino, D. D. N. & Araújo, L. F. P. (2008). Mapa da qualidade das águas do Rio Acaraú, pelo emprego do IQA e Geoprocessamento. **Revista Ciência Agronômica**, 39(3), 392–402.

Magnusson, W.; Braga-Neto, R.; Pezzini, F.; Baccaro, F.; Bergallo, H.; Penha, J.; Rodrigues, D.; Verdade, L. M.; Lima, A.; Albernaz, A. L.; Hero J-M.; Lawson, B.; Castilho, C.; Drucker, D.; Franklin, E.; Mendonça, F.; Costa, F.; Galdino, G.; Castley, G.; Zuanon, J.; Vale, J.; Santos, J. L. C.; Luizão, R.; Cintra, R.; Barbosa, R. I.; Lisboa, A.; Koblitz, R. V.; Cunha, C. N. & Pontes, A. R. M. (2013). **Biodiversidade e Monitoramento Ambiental Integrado**. Manaus.

Moretto, D. L.; Panta, R. E.; Costa, A. B. & Lobo, E. A. (2012). Calibration of water quality index (WQI) based on Resolution n° 357/2005 of the Environment National Council (CONAMA). **Acta Limnológica Brasiliensia**, 24(1), 29-42.

Ortega, D. J. P. & Pompêo, M. L. M. (2017). Determinação da Pressão Ambiental que o Uso da Terra Exerce sobre os Recursos Hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Juqueri, no Município de Mairiporã, Estado de São Paulo, Brasil. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, 6(3), 264-286.

Piratoba, A. R. A.; Ribeiro, H. M. C.; Morales, G. P. & Gonçalves, W. G. (2017). Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, 12(3), 435-456.

Ramos, M. A. G. (2015). **Avaliação da qualidade da água dos Rios Jaguari e Atibaia por meio do índice de qualidade da água - IQA e ensaios toxicológicos**. Tese, Doutorado em Ciências Biológicas e Microbiologia. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP, Brasil.

Santos, M. A. P. F. (2008). **Avaliação da qualidade da água e sedimento da sub-bacia do Rio Corumbataí**

- **SP por meio de testes ecotoxicológicos.** Tese, Doutorado em Energia Nuclear. Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.

Trindade, A. L. C.; Almeida, K. C. B.; Barbosa, P. E. & Oliveira, S. M. A. C. (2017). Tendências temporais e espaciais da qualidade das águas superficiais da sub-bacia do Rio das Velhas, estado de Minas Gerais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, 22, 13–24.

UNEP-GEMS - United Nations Environment Programme - Global Environment Monitoring System/Water Programme. (2007). **Global Drinking Water Quality Index Development and Sensitivity Analysis Report.** Burlington.

Widmer, W. M. (2009). A Importância da Abordagem Experimental para o Progresso da Gestão Costeira Integrada. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, 9, 7–16.

Informações adicionais

Contribuições dos autores: todos os autores contribuíram no desenvolvimento do artigo

Como referenciar este artigo: Souza, P. F. G., Costa, C. R., Costa, M. F., 2019. Diagnóstico da qualidade da água da bacia do Rio Goiana. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v.6, n.1, p.002-015.



Direitos do Autor. A Revista Brasileira de Meio Ambiente utiliza a licença Creative Commons - CC Atribuição Não Comercial 4.0 CC-BY-NC (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>), no qual, os artigos podem ser compartilhados desde que o devido crédito seja aplicado de forma integral ao autor (es) e não seja usado para fins comerciais.