



UNIVERSIDADE CEUMA
REITORIA
PRO-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO, PESQUISA E EXTENSÃO
MESTRADO EM MEIO AMBIENTE

GEORGE COLARES SILVA FILHO

**ESTIMATIVA DAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA
ATRAVÉS DE SENSORIAMENTO REMOTO NO BAIXO RIO MEARIM**

Orientador: Prof. Dr. Fabrício Brito Silva.
Co-orientador: Prof. Dr. Paulo Cesar Mendes Villis.

São Luís
2018

GEORGE COLARES SILVA FILHO

**ESTIMATIVA DAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA
ATRAVÉS DE SENSORIAMENTO REMOTO NO BAIXO RIO MEARIM**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente da Universidade CEUMA, como requisito para obtenção do grau de Mestre (a) em Meio Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Fabrício Brito Silva.
Co-orientador: Prof. Dr. Paulo Cesar Mendes Villis.

São Luís
2018

UNIVERSIDADE CEUMA
REITORIA
PRO-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO, PESQUISA E EXTENSÃO
MESTRADO EM MEIO AMBIENTE

**Folha de aprovação da Dissertação de GEORGE COLARES
SILVA FILHO defendida e aprovada pela Comissão Julgadora
em 31/08/2018**

George Colares Silva Filho

Prof.^a Dra. Juliane Borralho de Andrade
1º Titular

Prof. Dr. Paulo Cesar Mendes Villis
2º Titular

Prof.^a Dra. Maria Raimunda Chagas Silva
3º Titular

Prof. Dr. Fabrício Brito Silva
Presidente da Comissão

Prof. Dr. Valério Monteiro Neto
Pró-Reitor de Pós-Graduação, Pesquisa e Extensão

Resumo

As regiões estuarinas são localidades onde se reúnem compostos da natureza e antrópicas de diferentes origens. Estes elementos podem deteriorar a qualidade da água. Por isso, é importante que a qualidade da água dos corpos hídricos deste tipo de sistema esteja sendo constantemente monitorada. Em geral, esta análise é mensurada através das propriedades físico-químicas. Uma combinação de sensoriamento remoto e amostragem tradicional pode levar a um melhor programa de monitoramento para parâmetros de qualidade da água. O objetivo deste trabalho é avaliar a variabilidade espaço-temporal das propriedades físico-químicas da água na região do baixo Mearim e, através de sensoriamento remoto, estimar os parâmetros de qualidade da água em meses de 2016 e 2017. Foram coletadas amostras em 16 pontos, de Arari até a foz. Para a determinação dos parâmetros físico-químicos, foi utilizado um medidor multiparâmetros Horiba. Para aplicação das estimativas de sensoriamento remoto, foram selecionadas imagens de satélite Landsat. O resultado dos parâmetros físico-químicos da água apresentou as seguintes variações, entre a Foz do rio até Arari: as quantidades máximas de salinidade encontrados nas águas estavam entre 2,30 e 20,10 ppt. Estes valores estavam acima do que determina a CONAMA 357 em sua legislação. Também foram identificados elevados valores máximos de sólidos totais dissolvidos, que variaram entre 2,77 e 19,7 g/l; valores mínimos de oxigênio dissolvido também abaixo do que rege a CONAMA foram encontrados de 3,30 à 3,59 mg/l, que podem apontar para uma possível contaminação do estuário. A estimativa das propriedades físico-químicas da água, através do sensoriamento remoto, mostrou-se viável, principalmente no período seco, em que há poucas nuvens. As imagens dos modelos de regressão indicaram quantitativos de uma zona de mistura estuarina, devido à quantidade de sal encontrada na região.

Palavras-Chave: qualidade de água, propriedades físico-químicas, sensoriamento remoto.

Abstract

The estuarine regions are localities where natural and anthropogenic substances of different origins meet. These elements can deteriorate the water quality. Therefore, it is important that the water quality of the water bodies of this type of system is adequate. In general, this analysis is measured by physicochemical properties. A combination of remote sensing and traditional sampling can lead to a better monitoring program for water quality parameters. The objective of this work é to evaluate the spatiotemporal variability of the physical-chemical properties of the water in the lower Mearim region and, using remote sensing, to evaluate the water quality parameters in the months of 2016 and 2017. Samples were taken at 16 points from Arari to the mouth. For the determination of the physical-chemical parameters, the water fractions were removed using a Horiba multiparameter equipment. For the application of the remote sensing estimates, Landsat satellite images were selected. The physical-chemical parameters result of the water presented the following variations, between the river mouth to Arari: the maximum amounts of salinity found in the waters were between 2.30 and 20.10 ppt. These values were above that determined by CONAMA 357 in its legislation. High values of maximum total dissolved solids, ranging from 2.77 to 19.7 g / l, were also identified; minimum values of dissolved oxygen also below CONAMA's rules were found from 3.30 to 3.59 mg / l, which may point to a possible estuary contamination. The physicochemical properties estimation of water using remote sensing has proved to be viable, especially in the dry season, when there are few clouds. The regression model images indicated properties of an estuarine mixing zone, due to the amount of salt found in the region.

Keywords: physical-chemical properties, remote sensing, water quality.

Agradecimentos

À Deus, meu grande Pai, meu Redentor, responsável pela realização deste sonho e de muitos outros em minha vida. Toda honra, toda glória, todo louvor ao meu Senhor Jesus Cristo;

Aos meus pais, George e Risete, minhas irmãs Sarah e Deborah, meu cunhado Adriano e meu sobrinho Lucca, que sempre me incentivaram ao estudo, durante este curso e toda minha vida também.

À minha futura esposa Luiza, minha fiel amiga e incentivadora;

Ao professor Dr. Fabricio Brito Silva, que me deu a oportunidade e honra de ser orientado por ele durante o mestrado;

Aos professores Doutores Julliana Ribeiro, Paulo Villis e Maria Raimunda (Marirah), que foram pessoas muito colaboradoras durante estes últimos dois anos;

Aos meus colegas Jessflan, Ana Emília e Tatiana, que estiveram comigo em todas as disciplinas do mestrado;

Às minhas colegas Juliana Martins, Eliane, Juliana Lopes, Juliana Sales, Anne e à todos meus colegas do LABGEO;

MUITO OBRIGADO.

Lista de Tabelas

| | |
|---|----|
| Tabela 1: Meses de coleta de água na Bacia do Mearim..... | 20 |
| Tabela 2: Equações lineares e coeficientes de determinação de salinidade em função dos meses qualificáveis..... | 24 |

Lista de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1: Bacia Hidrográfica do Rio Mearim..... | 18 |
| Figura 2: Pontos de coleta da pesquisa..... | 19 |
| Figura 3: Precipitações mensais em 2016, 2017 e normal..... | 19 |
| Figura 4: Salinidade por período e localidade..... | 21 |
| Figura 5: Sólidos totais dissolvidos por período e localidade..... | 21 |
| Figura 6: Temperatura por período e localidade..... | 22 |
| Figura 7: Oxigênio dissolvido na água por período e localidade..... | 23 |
| Figura 8: pH da água por período e localidade..... | 23 |
| Figura 9: Mapas gerados a partir de modelo de regressão linear: A) Salinidade; B) Sólidos totais dissolvidos..... | 24 |
| Figura 10: Mapas gerados a partir de modelo de regressão linear: C) pH; D) Temperatura..... | 25 |

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 10 |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO | 12 |
| 2.1. Estuários | 12 |
| 2.2. Sensoriamento remoto | 12 |
| 2.3. Propriedades da água | 13 |
| 3 ARTIGO SUBMETIDO À REVISTA | 16 |
| 3.1. Introdução | 17 |
| 3.2. Material e métodos | 17 |
| 3.2.1. Área de estudo | 17 |
| 3.2.2. Pontos de estudo e sazonalidade..... | 18 |
| 3.2.3. Coletas de amostras de água em campo | 19 |
| 3.2.4. Imagens de satélite | 20 |
| 3.2.5. Desenvolvimento do modelo | 20 |
| 3.3. Resultados e discussão | 20 |
| 3.3.1. Salinidade..... | 20 |
| 3.3.2. Sólidos totais dissolvidos..... | 21 |
| 3.3.3. Temperatura | 22 |
| 3.3.4. Oxigênio dissolvido na água..... | 22 |
| 3.3.5. Potencial Hidrogeniônico (pH)..... | 23 |
| 3.3.6. Sensoriamento remoto na estimativa das propriedades físico-químicas da água | 24 |
| 3.4. Conclusões | 25 |
| 3.5. Referências | 26 |
| 4 CONCLUSÕES | 28 |
| REFERÊNCIAS | 29 |
| ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NO PERÍODO | 33 |
| ANEXO A: NORMAS PARA SUBMISSÃO NA REVISTA | 34 |

1 INTRODUÇÃO

A variação da salinidade da água é uma chave ambiental para o processo bioquímico nas regiões estuarinas (Li et al., 2018; Bernhard et al., 2005). As variações espaço-temporais e a magnitude das propriedades físico-químicas da água influenciam as características socioeconômicas das populações em torno das regiões de estuário (BASU E ROY, 2018).

Além da salinidade da água, sabe-se que a temperatura, o oxigênio dissolvido e a turbidez afetam os efeitos biológicos da vida aquática (DANESHVAR ET AL., 2007).

Os estuários são ambientes complexos e dinâmicos, que recebem uma grande quantidade de resíduos humanos das áreas urbanas e industriais. (LIU ET AL, 2003).

Muitos métodos têm sido usados para estudar os efeitos das atividades humanas em ambientes aquáticos. Eles incluem o uso de parâmetros químicos e físicos, bem como algumas medições biológicas de bactérias, peixes e outros organismos aquáticos. (RESH E UNZICKER, 1975).

As técnicas convencionais para monitoramento são geralmente caras (particularmente para países em desenvolvimento), demoradas e incapazes de fornecer uma perspectiva espaço - temporal para os corpos d'água com pontos de amostra limitados (KHATTAB E MERKEL, 2014).

As estações de monitoramento presentes nos cursos de água podem oferecer esses dados, apesar do alto custo de operação com compras de equipamentos, implantação, remuneração de observadores, manutenção e as viagens de campo (PACA ET AL, 2011).

A investigação local realizada apenas em escala pontual é incapaz de avaliar a distribuição da salinidade espacial em toda a superfície estuarina. No entanto, as imagens de satélite cobrem intervalos regulares, fornecem informações sobre a radiação solar refletida por águas superficiais, que poderiam ser correlacionadas com propriedades de qualidade da água (WANG E XU, 2008).

Estudos utilizando sensoriamento remoto têm algumas vantagens como cobertura espacial de imagens de satélite em grandes áreas, estimativa da qualidade da água em áreas remotas e inacessíveis e o longo registro de

imagens arquivadas permite estimar a qualidade histórica da água (HELLWEGER ET AL, 2004).

Uma combinação de sensoriamento remoto, SIG e amostragem in situ tradicional pode levar a um melhor programa de avaliação dos parâmetros de qualidade da água em vários tipos de sistemas de água. (GHOLIZADEH E MELESSE, 2017).

Os objetivos deste estudo foram avaliar a variabilidade espaço-temporal das propriedades físico-químicas da água no Baixo Mearim e, usando o sensoriamento remoto, estimar esses parâmetros de qualidade da água em meses de 2016 e 2017.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Estuários

Os estuários são ecossistemas de época geológica recente, situados em zona de transição entre o rio e o mar, encerrando-se na foz litorânea (Miranda et al, 2002); são corpos de água costeiros com ligação direta com o oceano, que se prolongam até o limite de influência da maré; as águas do mar que entram pelas conexões com o oceano são diluídas nas águas doces provenientes das bacias de drenagem (DYER, 1997).

São áreas que, por apresentarem alta concentração de nutrientes, são biologicamente férteis. A região estuarina também é complexa e dinâmica por apresentar variabilidade em relação à sazonalidade, altura da maré, condições climáticas extremas e outras forças naturais e antrópicas atuantes nela (MIRANDA ET AL, 2002).

A pluma estuarina é a extensão horizontal da descarga das águas das bacias de drenagem no mar (GARVINE E MONK, 1974). Ela é fundamental para entender o comportamento do estuário em relação ao mar, que é variável de acordo com a altura da maré, descarga fluvial, vento etc.

Dionne (1963) sugeriu que o estuário é subdividido em três setores: inferior ou marinho, que possui ligação direta com o oceano; médio, onde ocorre intensa mistura das águas do mar com as águas fluviais; superior ou fluvial, predominantemente composto por água doce, mas que sofre diariamente influência da maré;

Kjerfve (1989), semelhantemente, compreende o ambiente estuarino dividido em três zonas: zona de maré do rio, onde a salinidade é quase igual a zero, porém sofre influência da maré; a zona de mistura é setor onde ocorre a combinação das águas das bacias de drenagem com água do mar; zona costeira é o trecho situado na boca do estuário, que possui contato direto com o mar.

2.2 Sensoriamento remoto

Segundo Novo (2008), sensoriamento remoto é o uso em conjunto de ferramentas como sensores, equipamentos de processamento de dados, equipamentos que transmitem dados como aviões e naves espaciais com o

intuito de estudar os fenômenos que ocorrem superfície terrestre, analisando as interações entre radiações eletromagnéticas e a diversos tipos de matérias existentes no nosso planeta.

As radiações eletromagnéticas são uma forma de transmissão de energia presente na maioria dos objetos presentes no universo. O sol é uma das fontes de radiação que, ao incidir energia no plano terrestre, esta pode ser absorvida, emitida, transmitida e refletida. Estes processos podem sofrer variação, de acordo com as características moleculares do objeto que recebe a radiação (VILELA, 2010).

Na superfície terrestre, cada alvo ou objeto tem um comportamento com relação à reflexão da energia incidente, em função das características biológicas, físicas e químicas individuais que cada um apresenta ao longo das faixas do espectro eletromagnético (RUDORFF, 2018). Este comportamento é chamado de comportamento espectral.

A água também possui um comportamento espectral, sendo característico em seu estado líquido a baixa reflectância. Quanto menos componentes suspensos ou dissolvidos, mais baixa será a sua reflectância. Estes constituintes podem ser organismos vivos, partículas orgânicas ou inorgânicas em suspensão e substâncias orgânicas dissolvidas. (NOVO, 2008).

A absorção de energia pela água está ligada às propriedades moleculares deste líquido (faixa do verde) e estas dependem dos componentes dissolvidos e em suspensão; em sensoriamento remoto, quanto mais o alvo absorve da radiação, mais ele aparecerá em tons escuros nas imagens. As taxas de reflectância aumentam com a presença de materiais dissolvidos e ou suspensos; a reflectância para a água limpa é maior na faixa do azul e diminui em direção ao infravermelho. O máximo espalhamento da radiação eletromagnética na água pura ocorre nos menores comprimentos de onda, principalmente na região do azul, e diminui em direção aos maiores comprimentos de onda. (VILELA, 2010).

2.3 Propriedades da água

Para a análise de recursos hídricos utilizando sensoriamento remoto, Durand et al (1999) propuseram cinco parâmetros possíveis para serem observados: os parâmetros físicos, químicos, biológicos, ecológicos e dinâmicos.

Os parâmetros físicos são os referentes à temperatura da água, condutividade, densidade, radioatividade, turbidez; os parâmetros químicos abordam a salinidade, Fósforo total, Nitrogênio total, Carbono orgânico dissolvido, Carbono total, Sílica total, alcalinidade, pH, Oxigênio dissolvido, metais pesados, óleos e hidrocarbonetos clorados.

Os parâmetros biológicos tratam de pigmentos clorofilados e acessórios, feopigmentos, demanda bioquímica de oxigênio, biomassa fitoplanctônica, contagem de fungos, biomassa zooplâncton e concentração de detritos.

Os parâmetros ecológicos estão ligados ao estado trófico da água, decomposição bacteriana, Grazin do fitoplancton, biodiversidade fitoplanctônica, bacterioplâncton, zooplâncton, fungos e estado da biota. Por último, os parâmetros dinâmicos estão relacionados a sedimentos em suspensão, nível da água, tempo de residência, fluxo, estratificação de lagos e correntes e ondas.

A salinidade é uma das propriedades fundamentais para a distribuição, produtividade e crescimento das florestas dos manguezais e alterações nos quantitativos de sal na água são geralmente ocasionados em função do clima, hidrologia, chuva, topografia e flutuação da maré. Por sua vez, o pH é influenciado pela concentração do material orgânico dos sedimentos dos manguezais e pela cunha salina presente na foz do estuário (DE ARRUDA XAVIER ET AL, 2012).

O oxigênio dissolvido na água é uma das mais importantes propriedades contribuidoras para a dinâmica e caracterização de ecossistemas aquáticos. A atmosfera e a fotossíntese são itens que fornecem oxigênio para a água, enquanto que a decomposição de matéria orgânica (pelo processo de oxidação), perdas para a atmosfera, respiração de organismos vivos na água e oxidação de íons metálicos são os principais consumidores de O₂. Ainda contribuem para a redução de oxigênio na água o aumento da salinidade e a baixa transparência da água, já que diminui o processo de fotossíntese no ambiente aquático. (ESTEVES, 1988).

Os sólidos totais dissolvidos são os materiais particulados orgânicos e inorgânicos suspensos na água, transportados pelos corpos hídricos, cujo

diâmetro é superior a 0,45µm. Estas partículas afetam na quantidade de luz que entra no ambiente aquático e também são as principais transportadoras de nutrientes e poluentes adsorvidos (CARDOSO, 2009).

A temperatura tem grande importância sobre os sistemas aquáticos, pois afeta diretamente a solubilidade dos gases na água, como o oxigênio; influencia na decomposição de matéria orgânica, crescimento e desenvolvimento dos organismos aeróbios e também acelera ou retarda reações químicas. Esta propriedade é influenciada essencialmente pela quantidade de energia radiante disponível e da propagação de calor na água (ANGELOCCI E NOVA, 1995).

3 ARTIGO SUBMETIDO NA REVISTA

Estimativa das propriedades físico-químicas da água através de sensoriamento remoto no baixo rio Mearim

Physical-chemical properties estimation of water using remote sensing on the Lower Mearim River

George Colares¹

¹Universidade CEUMA, São Luís, Brasil
georgecolares@yahoo.com.br

RESUMO

As regiões estuarinas são localidades onde se reúnem compostos da natureza e antrópicas de diferentes origens. Estes elementos podem deteriorar a qualidade da água. Por isso, é importante que a qualidade da água dos corpos hídricos deste tipo de sistema esteja sendo constantemente monitorada. Em geral, esta análise é mensurada através das propriedades físico-químicas. Uma combinação de sensoriamento remoto e amostragem tradicional pode levar a um melhor programa de monitoramento para parâmetros de qualidade da água. O objetivo deste trabalho é avaliar a variabilidade espaço-temporal das propriedades físico-químicas da água na região do baixo Mearim e, através de sensoriamento remoto, estimar os parâmetros de qualidade da água em meses de 2016 e 2017. Foram coletadas amostras em 16 pontos, de Arari até a foz. Para a determinação dos parâmetros físico-químicos, foi utilizado um medidor multiparâmetros Horiba. Para aplicação das estimativas de sensoriamento remoto, foram selecionadas imagens de satélite Landsat. O resultado dos parâmetros físico-químicos da água apresentou as seguintes variações, entre a Foz do rio até Arari: as quantidades máximas de salinidade encontrados nas águas estavam entre 2,30 e 20,10 ppt. Estes valores estavam acima do que determina a CONAMA 357 em sua legislação. Também foram identificados elevados valores máximos de sólidos totais dissolvidos, que variaram entre 2,77 e 19,7 g/l; valores mínimos de oxigênio dissolvido também abaixo do que rege a CONAMA foram encontrados de 3,30 à 3,59 mg/l, que podem apontar para uma possível contaminação do estuário. A estimativa das propriedades físico-químicas da água, através do sensoriamento remoto, mostrou-se viável, principalmente no período seco, em que há poucas nuvens. As imagens dos modelos de regressão indicaram quantitativos de uma zona de mistura estuarina, devido à quantidade de sal encontrada na região.

Palavras-Chave: qualidade de água, propriedades físico-químicas, sensoriamento remoto.

ABSTRACT

The estuarine regions are localities where natural and anthropogenic substances of different origins meet. These elements can deteriorate the water quality. Therefore, it is important that the water quality of the water bodies of this type of system is adequate. In general, this analysis is measured by physicochemical properties. A combination of remote sensing and traditional sampling can lead to a better monitoring program for water quality parameters. The objective of this work is to evaluate the spatiotemporal variability of the physical-chemical properties of the water in the lower Mearim region and, using remote sensing, to evaluate the water quality parameters in the months of 2016 and 2017. Samples were taken at 16 points from Arari to the mouth. For the determination of the physical-chemical parameters, the water fractions were removed using a Horiba multiparameter equipment. For the application of the remote sensing estimates, Landsat satellite images were selected. The physical-chemical parameters result of the water presented the following variations, between the river mouth to Arari: the maximum amounts of salinity found in the waters were between 2.30 and 20.10 ppt. These values were above that determined by CONAMA 357 in its legislation. High values of maximum total dissolved solids, ranging from 2.77 to 19.7 g / l, were also identified; minimum values of dissolved oxygen also below CONAMA's rules were found from 3.30 to 3.59 mg / l, which may point to a possible estuary contamination. The physicochemical properties estimation of water using remote sensing has proved to be viable, especially in the dry season, when there are few clouds. The regression model images indicated properties of an estuarine mixing zone, due to the amount of salt found in the region.

Keywords: physical-chemical properties, remote sensing, water quality.

3.1. Introdução

A variação da salinidade da água é uma chave ambiental para o processo bioquímico nas regiões estuarinas (LI ET AL., 2018). As variações espaço-temporais e a magnitude das propriedades físico-químicas da água influenciam as características socioeconômicas das populações em torno das regiões de estuário (BASU E ROY, 2018).

Além da salinidade da água, sabe-se que a temperatura, o oxigênio dissolvido e a turbidez afetam os efeitos biológicos da vida aquática (DANESHVAR ET AL., 2007).

Os estuários são ambientes complexos e dinâmicos, que recebem uma grande quantidade de resíduos humanos das áreas urbanas e industriais. (LIU ET AL, 2003).

Muitos métodos têm sido usados para estudar os efeitos das atividades humanas em ambientes aquáticos. Eles incluem o uso de parâmetros químicos e físicos, bem como algumas medições biológicas de bactérias, peixes e outros organismos aquáticos. (RESH E UNZICKER, 1975).

As técnicas convencionais para monitoramento são geralmente caras (particularmente para países em desenvolvimento), demoradas e incapazes de fornecer uma perspectiva espaço - temporal para os corpos d'água com pontos de amostra limitados (KHATTAB E MERKEL, 2014).

As estações de monitoramento presentes nos cursos de água podem oferecer esses dados, apesar do alto custo de operação com compras de equipamentos, implantação, remuneração de observadores, manutenção e as viagens de campo (PACA ET AL, 2011).

A investigação local realizada apenas em escala pontual é incapaz de avaliar a distribuição da salinidade espacial em toda a superfície estuarina. No entanto, as imagens de satélite cobrem intervalos regulares, fornecem informações sobre a radiação solar refletida por águas superficiais, que poderiam ser correlacionadas com propriedades de qualidade da água (WANG E XU, 2008).

Amostras usando sensoriamento remoto têm algumas vantagens como cobertura espacial de imagens de satélite em grandes áreas, estimativa da qualidade da água em áreas remotas e inacessíveis e o longo registro de imagens arquivadas permite estimar a qualidade histórica da água (HELLWEGGER ET AL, 2004).

Uma combinação de sensoriamento remoto, SIG e amostragem in situ tradicional pode levar a um melhor programa de avaliação dos parâmetros de qualidade da água em vários tipos de sistemas de água. (GHOLIZADEH E MELESSE, 2017).

Os objetivos deste estudo são avaliar a variabilidade espaço-temporal das propriedades físico-químicas da água no Baixo Mearim e, usando o sensoriamento remoto, estimar esses parâmetros de qualidade da água em meses de 2016 e 2017.

3.2. Material e métodos

3.2.1. Área de estudo

Localizada no estado do Maranhão, região nordeste do Brasil, a Bacia Hidrográfica do Rio Mearim é uma sub-bacia pertencente ao conjunto de 12 bacias da Região Hidrográfica do Atlântico Nordeste Ocidental. É uma bacia de domínio Estadual, distribuída numa área de 99.058,68 Km², o que corresponde 29,84 % da área do Maranhão; desta forma, é maior bacia do Estado Maranhense (MARANHÃO, 2011).

Outra característica da região estuarina é que, de acordo com a classificação desenvolvida por Pritchard (1952), o estuário é do tipo geomorfológico planície costeira, caracterizado por regiões rasas, com até 30 metros de profundidade. Possuem processo de sedimentação recente, em que o fundo do rio está preenchido por lama e a parte superficial possui sedimentos finos.

Por ser a área de estudo uma região estuarina, a variação da maré influencia diretamente nas propriedades da água (MIRANDA ET AL, 2002). Outra variante que deve ser considerada é a sazonalidade. Durante o período chuvoso, a vazão do Rio Mearim aumentou enquanto que, durante o período seco, o volume de drenado pela bacia diminuiu.

Seu rio principal, o Mearim, tem a sua nascente localizada na serra da Menina, que fica entre Formosa da Serra Negra, Fortaleza dos Nogueiras e São Pedro dos Crentes. Sua foz encontra-se na baía de São Marcos, entre São Luís e Alcântara (Figura 1). A altitude máxima da bacia é de aproximadamente de 650 metros. Os rios Pindaré e Grajaú são os principais afluentes.

Este conjunto hídrico alcança 83 municípios, com uma população total de mais de 1.600.000 habitantes, que corresponde a aproximadamente um quarto da população maranhense.

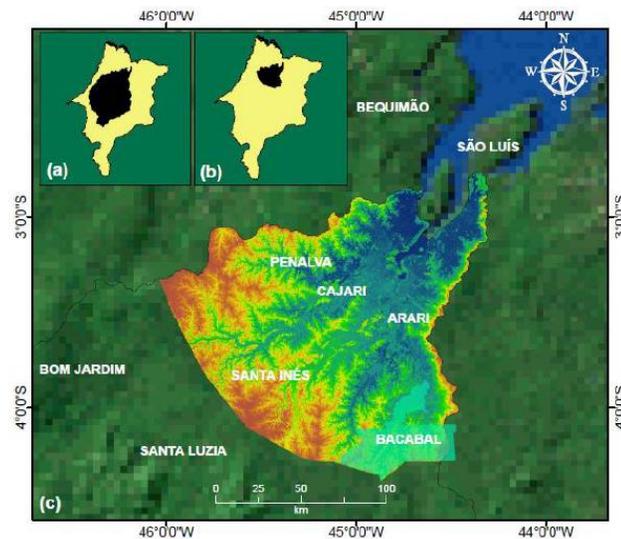


Figura 1. Bacia Hidrográfica do Rio Mearim.

3.2.2. Pontos de estudo e sazonalidade

Para este estudo, foram coletadas amostras do referido curso de água em 16 pontos (Figura 2), a partir da cidade de Arari, Maranhão, e concluindo até a região próxima à foz da bacia.



Figura 2. Pontos coleta da pesquisa (Google Earth, 2017).

As amostras também consideram o período com chuva, intermediário e período de estiagem. Dados de precipitação da normal climatológica e dos anos de 2016 e 2017 da estação meteorológica de Bacabal mostraram que os meses com maior chuva vão de janeiro a maio; junho se apresenta como um mês intermediário; e os meses de julho à outubro como período seco (Figura 3).

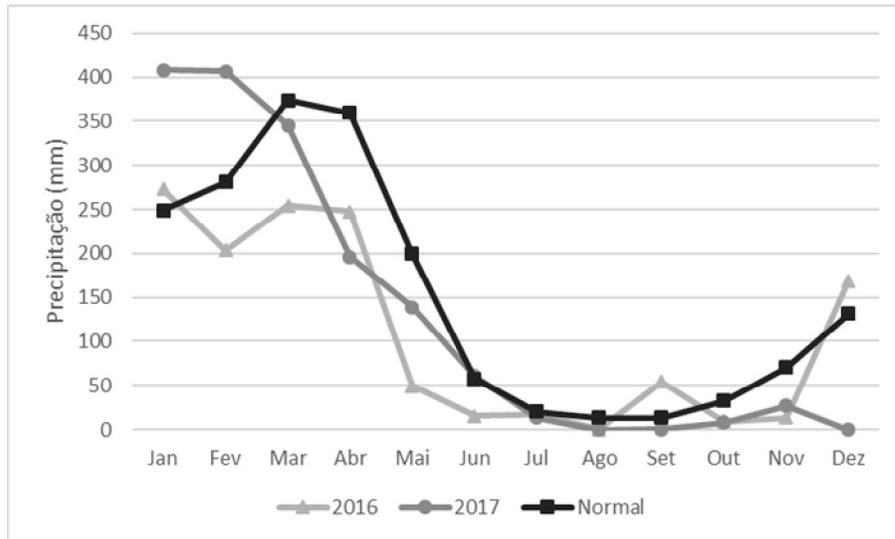


Figura 3. Precipitações mensais em 2016, 2017 e normal.

3.2.3. Coletas de amostras de água em campo

Durante o período entre 2016 e 2017 (tabela 1), foram feitas as coletas de águas da Bacia do Mearim nos pontos de estudo às margens das localidades de Arari, Porto de Santana e Bonfim, além da foz. As coletas sempre foram feitas após o início da baixa-mar. Para a determinação dos parâmetros físico-

químicos (salinidade, pH, temperatura, oxigênio dissolvido, sólidos totais dissolvidos), as amostras foram retiradas utilizando um medidor multiparâmetros Horiba, modelo U-5030.

Tabela 1. Meses de coleta de água na Bacia do Mearim

| Ano | Período Chuvoso | Período Seco |
|------|-------------------------|------------------|
| 2016 | Janeiro a abril e junho | Julho a setembro |
| 2017 | Abril e maio | Novembro |

3.2.4. Imagens de satélite

Para aplicação das estimativas através de sensoriamento remoto, foram selecionadas imagens do satélite Landsat 8, extraída da US Geological Survey (USGS). Para cada mês em que foi realizada uma coleta em campo, foi selecionada uma imagem de satélite dentro do mesmo mês, a mais próxima da data de coleta. Imagens que não tinham uma boa visibilidade dos pontos não foram utilizadas.

3.2.5. Desenvolvimento do modelo

Os dados capturados de qualidade da água através do multiparâmetros foram relacionados com os dados de satélite que apresentavam as respostas espectrais das águas da bacia. As equações resultantes destas relações foram usadas para estabelecer modelos de estimativa de propriedades físico-químicas para todo o curso do rio estudado. Baseado no trabalho de Wang e Xu, em 2008, estes modelos possuem um coeficiente de determinação R^2 , que é utilizado para avaliar se os modelos relacionais são menos ou mais precisos.

3.3. Resultados e discussão

3.3.1. Salinidade

Com relação à salinidade apresentada nas amostras coletadas (Figura 4), as maiores concentrações ocorreram na foz, devido à proximidade do mar, onde existe a maior concentração de sal (SAMPAIO ET AL, 2017). Nas localidades de Bonfim, Porto de Santana e Arari, durante o mês de agosto, as amostras apresentaram alta salinidade, com valores acima do limite de 0,5 ppt convencionado pela resolução nº 357 do Conselho de meio ambiente brasileiro. A condição pode ser interpretada em razão da data daquele mês em que a maré atingiu seu nível mais alto (6,4 metros em São Luís), decorrido em lua cheia.

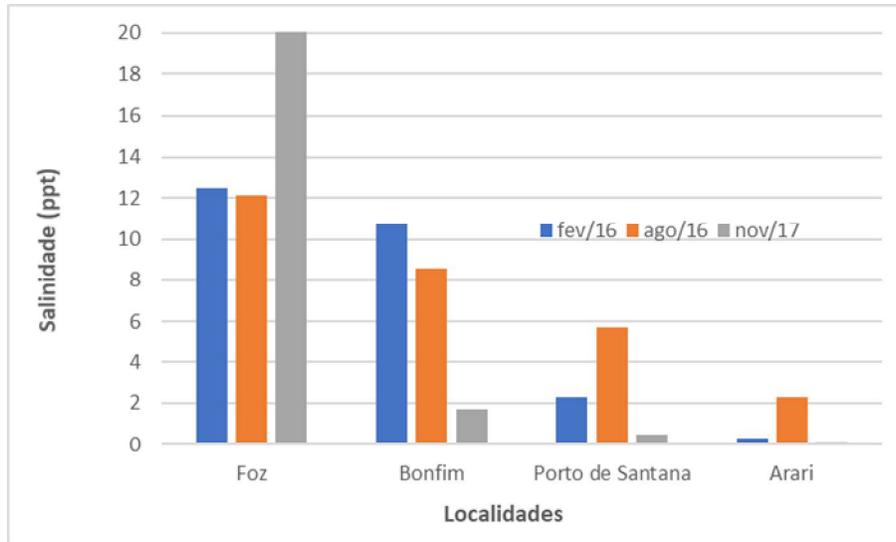


Figura 4. Salinidade por período e localidade.

3.3.2. Sólidos totais dissolvidos

De acordo com a resolução CONAMA N° 357, o limite tolerante de sólidos totais dissolvidos na água doce é de 0,5 g/L. Apenas uma amostra em Arari (Figura 5) atendeu a esta quantidade (0,44 g/L em fevereiro) mas, na maioria das amostras, o valor apresentado ficou acima deste limite. Segundo Machado et al (2007), em ambiente estuarino, a salinidade é a principal influência nos valores de sólidos totais. Altas concentrações desta classe de sólidos limitam a adequabilidade de massas de água como fonte para abastecimento público (COSTA ET AL., 2004).

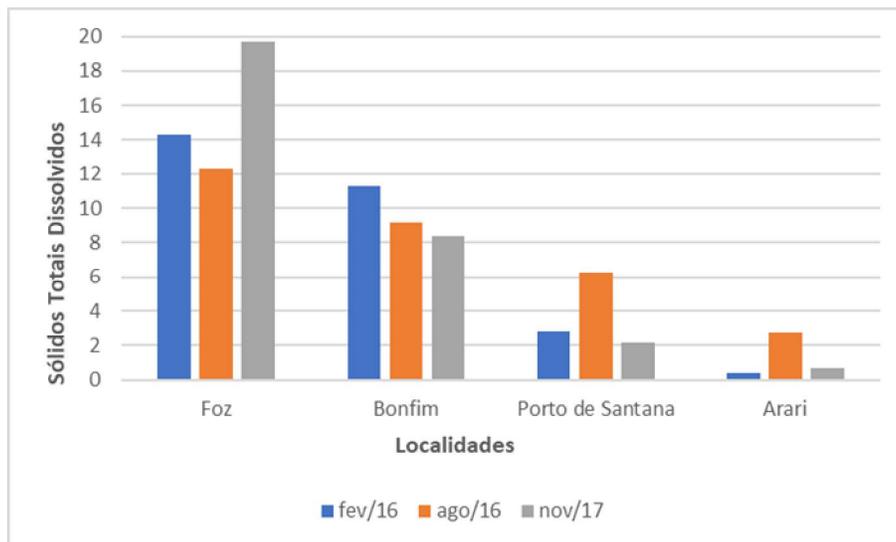


Figura 5. Sólidos totais dissolvidos por período e localidade.

3.3.3. Temperatura

A temperatura tem influência em diversos parâmetros físico-químicos das águas, como a tensão superficial e a viscosidade. Os seres vivos que vivem neste habitat são bastante sensíveis às temperaturas fora de suas tolerâncias de temperatura, podendo causar consequências ao seu crescimento e reprodução. (ANA, 2017).

Não houve uma grande variação de temperatura nos pontos coletados (figura 6), o que pode ser inferido com relação a esta propriedade, que a influência marítima foi mínima. Entretanto, houve variação quando foi observada a sazonalidade. As temperaturas maiores ocorreram no período seco (segundo semestre) como, por exemplo, na Foz e em Porto de Santana, onde as máximas foram de 31 graus.

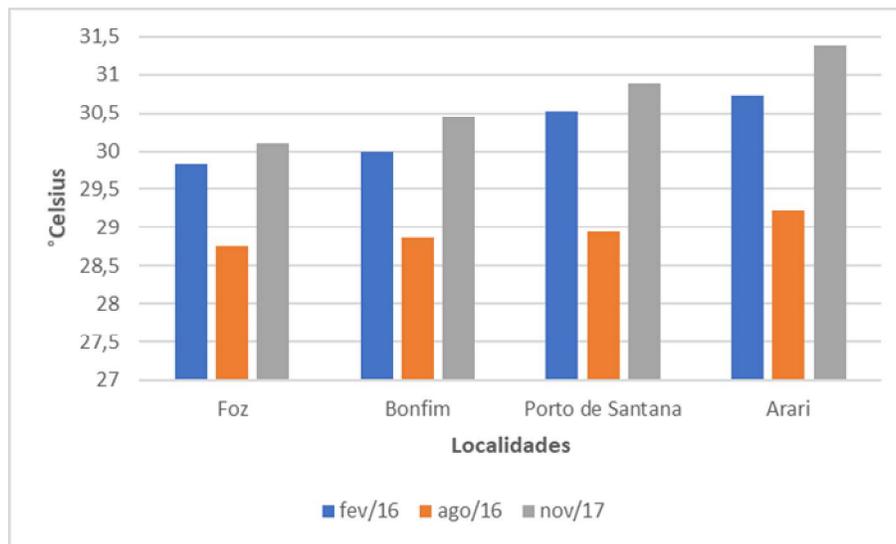


Figura 6. Temperatura por período e localidade.

3.3.4. Oxigênio Dissolvido na água

Levando também em consideração a resolução CONAMA N° 357, de 17 de março de 2005, os limites toleráveis para oxigênio dissolvido em águas salobras, classe II (adequada para pesca amadora) é de, no mínimo, 4 mg/L. Nas amostras, verificou-se que, principalmente no mês de agosto (Figura 7), a concentração de oxigênio ficou abaixo da quantidade mínima em todas as localidades. Da Sede até a Foz, os valores foram 3,3, 3,28, 3,59 e 3,47 mg/L. Houve também uma amostra abaixo de 4 mg/L em Arari, no mês de novembro, em que o valor foi de 3,85 mg/L.

Pereira et al (2016), durante estudo da bacia de Peixe-Boi, no Pará, encontraram baixíssimos valores de OD, próximos a 2 mg/L. Segundo os autores, o oxigênio dissolvido é um dos mais importantes parâmetros que caracterizam os resultados da poluição das águas provenientes de despejos orgânicos.

O oxigênio dissolvido é indispensável para a conservação dos organismos que vivem na água, já que vários seres vivos necessitam do oxigênio para respirar. Águas que apresentam poluição por esgotos possuem pouca concentração de oxigênio dissolvido porque o mesmo é gasto durante o processo de decomposição da matéria orgânica. Já as águas limpas possuem quantidade de oxigênio dissolvido mais altas, em geral maiores que 5mg/L (ANA, 2017).

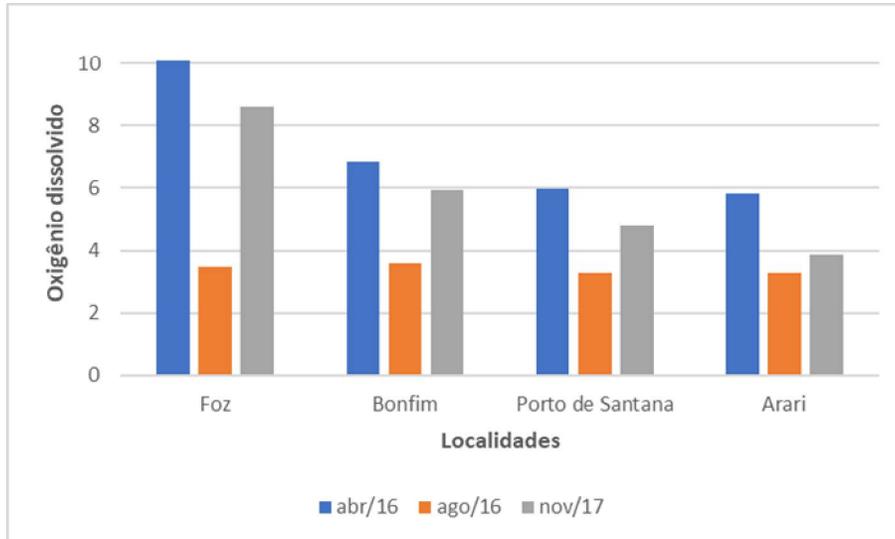


Figura 7. Oxigênio dissolvido na água por período e localidade.

3.3.5. Potencial hidrogeniônico (pH)

As medidas de pH são de grande valia, porque trazem várias informações sobre a qualidade da água e, dependendo do pH mais alcalino ou ácido, podem delatar a presença de despejo de efluentes na água (ARAÚJO, 2006).

A combinação de um pH crescente e aumento de temperatura cria condições para a formação do composto NH_3 , que é bastante tóxica aos peixes (MIRANDA, 2017).

Os limites toleráveis em relação ao pH para água doce na resolução CONAMA N° 357 ficam entre 6,0 e 9,0. Neste aspecto, todas as amostras (Figura 8) ficaram dentro dos limites estabelecidos e aparentemente não denotam poluição ou qualquer outra anomalia.

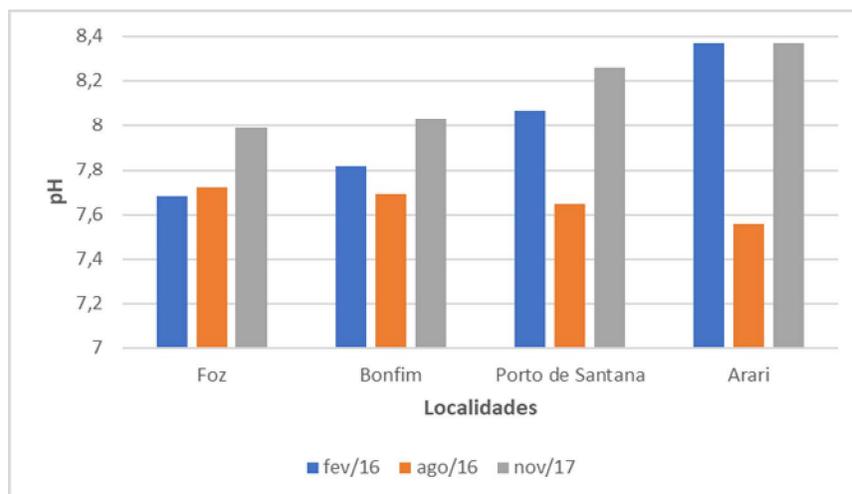


Figura 8. pH da água por período e localidade.

3.3.6. Sensoriamento Remoto na estimativa das propriedades físico-químicas da água

A partir do cruzamento entre os dados dos pontos de coleta com as respostas espectrais das imagens captadas do satélite LandSat 8, procedeu-se a elaboração das equações mensais com linhas de tendência. As referidas linhas reproduziram modelos de regressão linear e coeficientes de determinação (R^2), conforme tabela 2. Foram desprezados os dados dos meses que alcançaram não mais que 10 pontos qualificáveis (sem nuvens ou sombra de nuvens).

Tabela 2. Equações Lineares e coeficientes de determinação de salinidade em função dos meses qualificáveis.

| Junho/16 | Agosto/16 | Maior/17 | Novembro/17 |
|---|--|--|---|
| $y = 9E-05x + 0,0565$ $R^2 = 0,4858$ | $y = 0,0062x - 3,0522$ $R^2 = 0,8778$ | $y = -4E-05x + 0,1414$ $R^2 = 0,0339$ | $y = -0,0074x + 16,023$ $R^2 = 0,2275$ |

O mês que expressou melhor resultado em referência ao R^2 foi o mês de agosto de 2016 que, para uma linha de tendência linear, apresentou um $R^2 = 0,8778$.

Posteriormente, foram elaboradas imagens (Figuras 9 e 10), fundamentadas nos modelos de regressão linear, correspondentes as propriedades físico-químicas da água para a região entre Arari e a Foz do Rio Mearim. Salinidade (A), Sólidos Totais Dissolvidos (B), pH (C) e Temperatura (D) foram as características eleitas para desenvolvimentos das projeções.

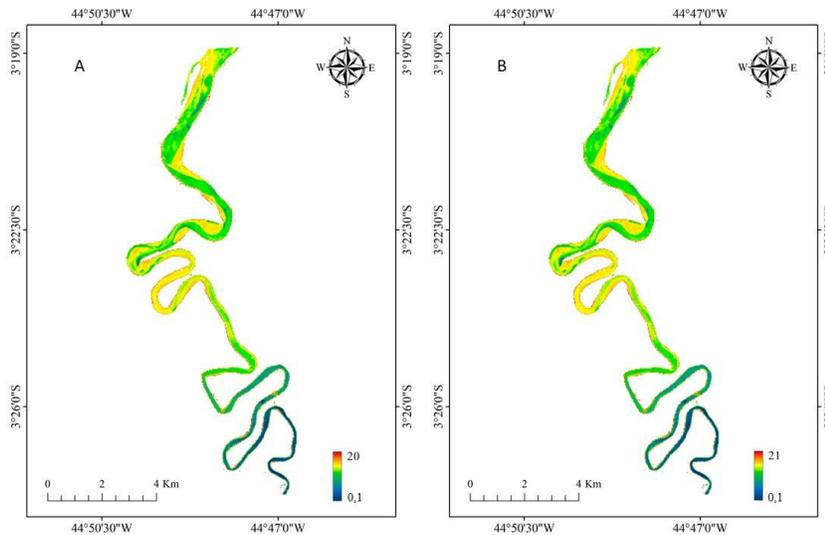


Figura 9. Mapas gerados a partir de modelo de regressão linear: A) Salinidade; B) Sólidos totais dissolvidos;

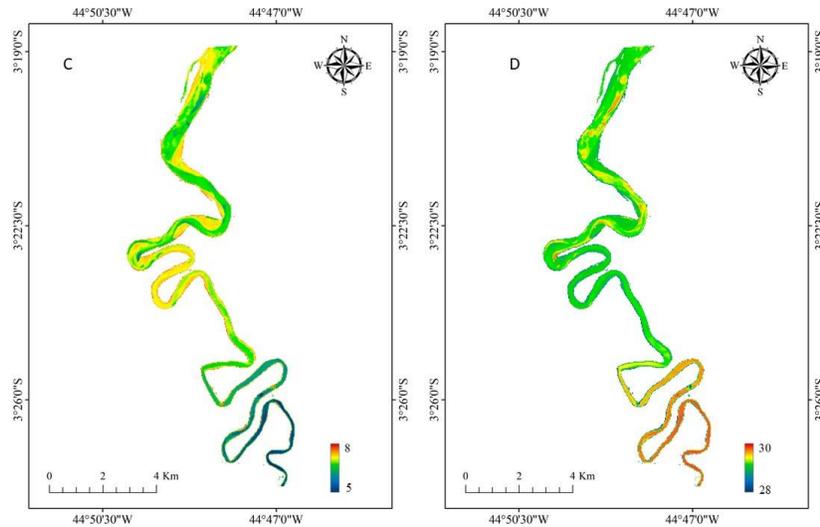


Figura 10. Mapas gerados a partir de modelo de regressão linear: C) pH; D) Temperatura;

Com relação à salinidade, as maiores quantidades de sal foram encontradas próximo à foz, por sua proximidade com o mar. Os valores máximos estimados nessa localidade ficaram em torno de 20 ppt. Semelhantemente, os sólidos totais dissolvidos acompanham a salinidade, com quantidade de sais presentes na água mais recorrentes próximo da região costeira, chegando até 19 g/L; o oposto da sede Arari, em que foram encontrados valores menores que 1g/L.

O pH foi mais alcalino na região circunvizinha a zona costeira, devido a grande quantidade de sal, com valores maiores que 8. Já os menores valores foram encontrados no município de Arari, em torno de 5.

A temperatura não sofreu grande variação no percurso estudado da bacia, com valores encontrados entre 28 e 31 graus. Quanto mais próximo da saída do continente, maior foi a temperatura; de maneira oposta, a temperatura foi menor quando estudado as amostras da cidade de Arari.

Dado que as amostras denotam salinidade existente (a zona de maré do rio tem salinidade praticamente zero) e que a localidade não está situada em frente a pluma estuarina (o que poderia caracteriza-la como zona costeira), a região estudada encontra-se na zona de mistura do estuário, pois recebe águas tanto da drenagem da bacia quanto do mar.

3.4. Conclusões

O levantamento dos parâmetros físico-químicos da água, coletados através do medidor multiparâmetros apresentou uma variação considerável no trecho do baixo Mearim, entre a Foz do rio até a cidade de Arari, tanto no período chuvoso, quanto no intermediário e período seco. Destacaram-se os expressivos quantitativos de salinidade encontrados nas águas em todas as localidades, alguns até 20 ppt, valor bem acima do que determina a CONAMA N° 357 em sua legislação. Ainda, sólidos totais dissolvidos com quantidade próxima de 20 g/L e insuficientes valores de oxigênio dissolvido em água,

com o valor mínimo apresentado próximo de 3 mg/L, apontam para uma possível contaminação do estuário. Portanto, não é aconselhável o uso dos recursos hídricos para consumo da população da região.

A estimativa das propriedades físico-químicas da água, através do sensoriamento remoto, mostrou-se viável, principalmente no período seco, em que há pouca presença de nuvens e, desta forma, contribui para que as imagens de satélites fiquem mais nítidas. Alguns meses, apesar de possuírem a quantidade suficiente de pontos qualificáveis, revelaram coeficientes de determinação insuficientes no decurso da reprodução dos modelos de regressão.

As imagens concebidas através dos modelos de regressão contribuíram para caracterização da região, pois indicaram quantitativos de salinidade entre 0,1 e 30 ppt que, adicionados ao fato de que a área de estudo não está defronte da pluma estuarina, confirmaram a região como zona de mistura.

Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Em: Índice de qualidade de água. Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-idade-aguas.aspx#_ftn8>. Acesso em: 15 fevereiro de 2018.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Em: Qualiágua. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/Qualiagua.aspx>>. Acesso em 20 de março de 2018.
- ARAÚJO, A. E. D. M. Avaliação dos parâmetros físicos, químicos e índice de qualidade da água no rio saúde, em razão da precipitação (maio a dezembro de 2004): estudo de caso, 2006, 92f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) -Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2006.
- BASU, S., & ROY, A. (2018). Economic assessment of mud crab (*Scylla Serrata*) culture as an adaptation strategy to salinity intrusion in south-west region of Bangladesh. *International Journal of Environmental Studies*, 1-12.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Em: Resoluções, 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 15 fevereiro de 2018.
- COSTA, M.; NASCIMENTO, D.; OLIVEIRA, T.; PEREIRA, F. E. A Qualidade da Água em Pequena Comunidade: Uma Vivência de Extensão-UFBA. Em: 2º Congresso Brasileiro de Extensão Universitária. 12-15 de setembro de 2004, Belo Horizonte.
- DANESHVAR, N., AYAZLOO, M., KHATAEE, A. R., & POURHASSAN, M. (2007). Biological decolorization of dye solution containing Malachite Green by microalgae *Cosmarium* sp. *Bioresource technology*, 98(6), 1176-1182.
- GHOLIZADEH, M. H.; MELESSE, A. M. Study on spatiotemporal variability of water quality parameters in Florida bay using remote sensing. *Journal of Remote Sensing & GIS, Miami*, v. 6, n. 3, p. 1- 11, 2017.
- HELLWEGER, F. L. et al. Use of satellite imagery for water quality studies in New York Harbor. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 61, n. 3, p. 437-448, 2004.
- KHATTAB, M. F. O.; MERKEL, B. J. Application of Landsat 5 and Landsat 7 images data for water quality mapping in Mosul Dam Lake, Northern Iraq. *Arabian Journal of Geosciences, Mosul*, v.7, n. 9, p. 3557-3573, 2014.
- LI, Xiang et al. Effects of salinity on the denitrification efficiency and community structure of a combined partial nitrification-anaerobic ammonium oxidation process. *Bioresource technology*, v. 249, p. 550-556, 2018.
- LIU, W. X. et al. Multivariate statistical study of heavy metal enrichment in sediments of the Pearl River Estuary. *Environmental Pollution*, v. 121, n. 3, p. 377-388, 2003.
- MACHADO, L. P.; GARÇÃO, H. F.; FONTANA, G. H.; DE OLIVEIRA, M. D. Avaliação da qualidade da água da zona estuarina do rio reis magos. Em: 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2-7 de setembro de 2007, Belo Horizonte.

- MARANHÃO, GOVERNO DO ESTADO DO. Programa de planejamento e gestão territorial, 2011.
- MIRANDA, L.; CASTRO, B.; KJERFVE, B. Princípios de Oceanografia: Física de Estuários. Edusp - Editora da Universidade de São Paulo, 2002. 424 p.
- MIRANDA, E. N. Qualidade das águas superficiais do rio distrito Jordão/SC: avaliada pelo iqa-índice de qualidade das águas, 2017, 75f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2017.
- PACA, V. H. M.; LIMA, A. M. M.; AZAMBUJA, A. M. S.; 3; FORTES, J. D. N.; SOUZA, J. E. F. Condições de Operação e implantação de estações da rede hidrométrica da Amazônia Oriental - estado do Pará. XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Belém, 2011.
- PEREIRA, Bruno Wendell de Freitas et al. Uso da terra e degradação na qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, PA, Brasil. Rev. Ambient. Água, Taubaté, v. 11, n. 2, p. 472-485, 2016.
- PRITCHARD, D. W. Advances in Geophysics. Em: Estuarine Hydrography. Editora Elsevier, 1952, p. 243– 280.
- RESH, Vincent H.; UNZICKER, John D. Water quality monitoring and aquatic organisms: the importance of species identification. Journal (Water Pollution Control Federation), p. 9-19, 1975.
- SAMPAIO, C. R.; DE FREITAS, F. R.; SANTI, R.; BARRELLA, W.; PUSCEDDU F. H.; CORTEZ F. S.; PEREIRA C. D. S. Avaliação da qualidade ambiental do Rio dos Bugres, complexo estuarino de Santos e São Vicente (São Paulo, Brasil) UNISANTA Bioscience, São Paulo, v. 6 n° 4, p. 248-257, 2017.
- WANG, F.; XU, Y. J. Development and application of a remote sensing-based salinity prediction model for a large estuarine lake in the US Gulf of Mexico coast. Journal of Hydrology, Baton Rouge, n. 360, p. 184–194, 2008.

4 CONCLUSÕES

O levantamento dos parâmetros físico-químicos da água, coletados através do medidor multiparâmetros apresentou uma variação considerável no trecho do baixo Mearim, entre a Foz do rio até a cidade de Arari, tanto no período chuvoso, quanto no intermediário e período seco. Destacaram-se os expressivos quantitativos de salinidade encontrados nas águas em todas as localidades, alguns até 20 ppt, valor bem acima do que determina a CONAMA N° 357 em sua legislação. Ainda, sólidos totais dissolvidos com quantidade próxima de 20 g/L e insuficientes valores de oxigênio dissolvido em água, com o valor mínimo apresentado próximo de 3 mg/L, apontam para uma possível contaminação do estuário, pois pode indicar alta decomposição de matéria orgânica; os índices de baixo oxigênio dissolvido podem corroborar com a alta concentração de sal na região. Portanto, não é aconselhável o uso dos recursos hídricos para consumo da população regional.

A estimativa das propriedades físico-químicas da água, através do sensoriamento remoto, mostrou-se viável, principalmente no período seco, em que há pouca presença de nuvens e, desta forma, contribui para que as imagens de satélites fiquem mais nítidas. Alguns meses, apesar de possuírem a quantidade suficiente de pontos qualificáveis, revelaram coeficientes de determinação insuficientes no decurso da reprodução dos modelos de regressão. As imagens de satélite demonstraram que respostas espectrais que tiveram maior correlação com as propriedades físico-químicas da água foram as que estavam presentes na banda do infravermelho, o que evidencia que a água da bacia em estudo é turva.

As imagens concebidas através dos modelos de regressão contribuíram para caracterização da região, pois indicaram quantitativos de salinidade entre 0,1 e 30 ppt que, adicionados ao fato de que a área de estudo não está defronte da pluma estuarina, confirmaram a região como média ou zona de mistura, respectivamente.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Em: Índice de qualidade de água. Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx#_ftn8>. Acesso em: 15 fevereiro de 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Em: Qualiágua. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/Qualiagua.aspx>>. Acesso em 20 de março de 2018.

ANGELOCCI, L. R.; NOVA, NA Villa. Variações da temperatura da água de um pequeno lago artificial ao longo de um ano em Piracicaba-SP. **Scientia Agricola**, v. 52, n. 3, p. 431-438, 1995.

ARAÚJO, A. E. D. M. **Avaliação dos parâmetros físicos, químicos e índice de qualidade da água no rio saúde, em razão da precipitação (maio a dezembro de 2004): estudo de caso**, 2006, 92f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) -Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2006.

BASU, S., & ROY, A. (2018). Economic assessment of mud crab (*Scylla Serrata*) culture as an adaptation strategy to salinity intrusion in south-west region of Bangladesh. **International Journal of Environmental Studies**, 1-12.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Em: Resoluções, 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 15 fevereiro de 2018.

CARDOSO, Fábio Ferreira et al. Dinâmica da comunidade microfitoplanctônica relacionada com os parâmetros físico-químicos do estuário do rio Guajará-Mirim (Vigia-PA). 2009.

COSTA, M.; NASCIMENTO, D.; OLIVEIRA, T.; PEREIRA, F. E. A Qualidade da Água em Pequena Comunidade: Uma Vivência de Extensão–UFBA. Em: 2º Congresso Brasileiro de Extensão Universitária. 12-15 de setembro de 2004, Belo Horizonte.

DANESHVAR, N., AYAZLOO, M., KHATAEE, A. R., & POURHASSAN, M. (2007). Biological decolorization of dye solution containing Malachite Green by microalgae *Cosmarium* sp. **Bioresource technology**, 98(6), 1176-1182.

DE ARRUDA XAVIER, Diego et al. Análise das variáveis físico-químicas das águas intersticiais dos sedimentos do rio Sucuriju–Cabo Norte-Amapá. *Tropical Oceanography*, v. 40, n. 1.

DIONNE, J. C. Towards a more adequate definition of the St. Lawrence estuary. ***Zeitschrift fur Geomorphologie***, v. 7, p. 36-44, 1963.

DURAND, D; SANDVEN, S.; POZDNYAKOV, D.; CAUNEAU, F. ;WALD, L.. ; MILES, M.;KLOSTER, K.; JACOB, A. Characterisation of Coastal and Inland Waters with Space Sensors. **NERSC Technical Report**, No. 164 <http://www.nrsc.no>, 1999.

DYER, K. R. Estuaries: A Physical Introduction, Wiley. **New York**, 1997.

ESTEVES, Francisco de Assis. Fundamentos de limnologia. Em: Fundamentos de limnologia. Interciência/Finep, 1988.

GARVINE, Richard W.; MONK, John D. Frontal structure of a river plume. **Journal of Geophysical Research**, v. 79, n. 15, p. 2251-2259, 1974.

GHOLIZADEH, M. H.; MELESSE, A. M. Study on spatiotemporal variability of water quality parameters in Florida bay using remote sensing. **Journal of Remote Sensing & GIS**, Miami, v. 6, n. 3, p. 1- 11, 2017.

HELLWEGER, F. L. et al. Use of satellite imagery for water quality studies in New York Harbor. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 61, n. 3, p. 437-448, 2004.

KJERFVE, B. Em Estuarine Geomorphology and physical Oceanography. Em DAY, John Howarth et al. **Estuarine ecology**. John Wiley & Sons, 1989.

KHATTAB, M. F. O.; MERKEL, B. J. Application of Landsat 5 and Landsat 7 images data for water quality mapping in Mosul Dam Lake, Northern Iraq. **Arabian Journal of Geosciences**, Mosul, v.7, n. 9, p. 3557-3573, 2014.

LI, Xiang et al. Effects of salinity on the denitrification efficiency and community structure of a combined partial nitritation-anaerobic ammonium oxidation process. **Bioresource technology**, v. 249, p. 550-556, 2018.

LIU, W. X. et al. Multivariate statistical study of heavy metal enrichment in sediments of the Pearl River Estuary. **Environmental Pollution**, v. 121, n. 3, p. 377-388, 2003.

MACHADO, L. P.; GARÇÃO, H. F.; FONTANA, G. H.; DE OLIVEIRA, M. D. Avaliação da qualidade da água da zona estuarina do rio reis magos. Em: 24º

Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2-7 de setembro de 2007, Belo Horizonte.

MARANHÃO, GOVERNO DO ESTADO DO. **Programa de planejamento e gestão territorial**, 2011.

MIRANDA, L.; CASTRO, B.; KJERFVE, B. **Princípios de Oceanografia: Física de Estuários**. Edusp - Editora da Universidade de São Paulo, 2002. 424 p.

MIRANDA, E. N. **Qualidade das águas superficiais do rio distrito Jordão/SC: avaliada pelo iqa-índice de qualidade das águas**, 2017, 75f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2017.

NOVO, E.M.L.M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Editora Blücher, 2008. 363 p.

PACA, V. H. M.; LIMA, A. M. M.; AZAMBUJA, A. M. S.; 3; FORTES, J. D. N.; SOUZA, J. E. F. Condições de Operação e implantação de estações da rede hidrométrica da Amazônia Oriental - estado do Pará. XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Belém, 2011.

PEREIRA, Bruno Wendell de Freitas et al. Uso da terra e degradação na qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, PA, Brasil. **Rev. Ambient. Água**, Taubaté, v. 11, n. 2, p. 472-485, 2016.

PRITCHARD, D. W. Advances in Geophysics. Em: **Estuarine Hydrography**. Editora Elsevier, 1952, p. 243– 280.

RESH, Vincent H.; UNZICKER, John D. Water quality monitoring and aquatic organisms: the importance of species identification. **Journal (Water Pollution Control Federation)**, p. 9-19, 1975.

RUDORFF, B. F. T. **Produtos de Sensoriamento Remoto**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, São José dos Campos, São Paulo, Brasil. s/d. Disponível em: <<http://www.inpe.br/unidades/cep/atividadescep/educasere/apostila.htm#bernardo>>. Acesso em: 21/07/2018.

SAMPAIO, C. R.; DE FREITAS, F. R.; SANTI, R.; BARRELLA, W.; PUSCEDDU F. H.; CORTEZ F. S.; PEREIRA C. D. S. Avaliação da qualidade ambiental do Rio dos Bugres, complexo estuarino de Santos e São Vicente (São Paulo, Brasil) **UNISANTA Bioscience**, São Paulo, v. 6 nº 4, p. 248-257, 2017.

VILELA, Marcos Augusto Macedo Araújo. Metodologia para monitoramento da qualidade da água de reservatórios utilizando sensoriamento remoto. 2010.

WANG, F.; XU, Y. J. Development and application of a remote sensing-based salinity prediction model for a large estuarine lake in the US Gulf of Mexico coast. **Journal of Hydrology**, Baton Rouge, n. 360, p. 184–194, 2008.

ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NO PERÍODO

- Artigo apresentado no II FÓRUM DE MEIO AMBIENTE DO ESTADO DO MARANHÃO, em maio de 2018.
- Artigo submetido e aprovado à Revista Ciência e Natura, ISSN: 2179-460X, em julho de 2018.
- Artigo submetido e aprovado ao 29º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente, em São Paulo.

1 Introdução

Nonononononon nonononon nononononononono, nonononn,nononono,nnnn,nonono nononononononon ononono n onononono nono no nonon ononon nononono onnonoononoonoononono nonoon nono non non onon nono non

ononono n onononono nono no nonon ononon nononono onnonoononoonoononono nonoon nono non non onon nono ononono n onononono nono no nonon ononon nononono onnonoononoonoononono nonoon nono non non onon nono ononono n onononono nono

1.1. Exemplo de subseção

Nononono n onononono nono no nonon ononon nononono onnonoononoonoononono nonoon nono non non onon nono ononono n onononono nono no nonon ononon nononono onnonoononoonoononono nonoon nono non non onon nono ononono n onononono nono

1.1.1 Exemplo de subsubseção

Nononono n onononono nono no nonon ononon nononono onnonoononoonoononono nonoon nono non non onon nono ononono n onononono nono no nonon ononon nononono onnonoononoonoononono nonoon nono nono non non onon nono ononono n onononono nono no nonon ononon nononono onnonoononoonoononono nonoon nono non non onon nono ononono n onononono nono no nonon ononon nononono onnonoononoonoononono nonoon nono non non onon nono ononono n onononono nono

2 Como incluir Figuras

As figuras devem estar preferencialmente no formato Pdf ou Tiff. Você pode incluir figuras em seu trabalho. Por exemplo, veja a Figura 1.

Você também pode incluir e referenciar subfiguras, conforme Figura 2 como Figura 2(a) e Figura 2 (b).



Figura 1 – Exemplo de figura



Figura 2 – Exemplo de figura com duas imagens, figura 2(a) e figura 2 (b)

Nononononon nonononon nononononononono, nonononn,nononono,nnnn,nonono
 nononononononon ononono n onononono nono no nonon ononon nononono onnonoononoononono
 nonoon nono non non onon nono non

ononono n onononono nono no nonon ononon nononono onnonoononoononono nonoon nono
 non non onon nono o nonon ononon nononono onnonoononoononono nonoon nono non non onon nono
 ononono n onononono nono

Nonononononon nonononon nononononononono, nonononn,nononono,nnnn,nonono
 nononononononon ononono n onononono nono no nonon ononon nononono onnonoononoononono
 nonoon nono non non onon nono non

ononono n onononono nono no nonon ononon nononono onnonoononoononono nonoon nono
 non non onon nono o nonon ononon nononono onnonoononoononono nonoon nono non non onon nono
 ononono n onononono nono

3 Exemplos de tabelas e equações

Um exemplo de tabela

Tabela 1 – Example table 1

| Name | | | |
|---------|-------|-------|-------|
| Name | Name | | |
| John | Doe | 12333 | 23333 |
| Richard | Miles | 12323 | 48989 |

Quando as tabelas são grandes coloca-las em mais de uma pagina, mas nunca passando das margens da folha. Um exemplo disso pode ser verificada na Tabela 2.

Tabela 2 – Tabela grande

| | Latitude (°) | Longitude (°) | Latitude (°) | Longitude (°) |
|-----------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| P ₁ | 25°25' 25,000000" | -25°25' 25,000000" | 25°25' 25,000000" | -25°25' 25,000000" |
| P ₂ | -25°25' 25,000000" | 120°25' 25,000000" | -25°25' 25,000000" | 120°25' 25,000000" |
| P ₃ | 00°00' 0,003240" | 89°59' 59,996760" | 00°00' 0,003240" | 89°59' 59,996760" |
| P ₄ | 00°00' 0,003240" | 179°59' 59,996760" | 00°00' 0,003240" | 179°59' 59,996760" |
| P ₅ | 89°59' 59,995442" | 45°00' 00,000000" | 89°59' 59,995442" | 45°00' 00,000000" |
| P ₆ | -89°59' 59,995442" | -135°00' 00,000000" | -89°59' 59,995442" | -135°00' 00,000000" |
| P ₇ | 89°59' 59,995442" | 45°00' 00,000000" | 89°59' 59,995442" | 45°00' 00,000000" |
| P ₈ | -89°59' 59,995442" | -135°00' 00,000000" | -89°59' 59,995442" | -135°00' 00,000000" |
| P ₉ | 89°59' 59,995442" | 45°00' 00,000000" | 89°59' 59,995442" | 45°00' 00,000000" |
| P ₁₀ | -89°59' 59,995442" | -135°00' 00,000000" | -89°59' 59,995442" | -135°00' 00,000000" |
| P ₁₁ | 89°59' 59,995442" | 45°00' 00,000000" | 89°59' 59,995442" | 45°00' 00,000000" |

Um exemplo de equação numerada pode ser verificado em (1).

$$d(F_2P) = \sqrt{Z_p^2 + (c - Y_p)^2} \tag{1}$$

Somente equações referenciadas no texto devem ser numeradas.

4 Exemplos de citações

Nonoo nono no no no Castro et al. (2001) nono nono nnono. Silva e Andrade (2002) nonononon nonon no n, nonono , nononon nonoo (FANTUCCI, 2001; SILVA; ANDRADE, 2002) nonon nnon ono non n o nono nonono no noo , nnon o, nononono,nononon nono o onononon o onononn. nonon nnon ono non n o nono nonono no noo , nnon o, nononono,nononon nono o onononon o onononn.

nonon nnon ono non n o nono nonono no noo , nnon o, nononono,nononon nono o onononon o onononn.nonon nnon ono non n o nono nonono no noo , nnon o, nononono,nononon nono o onononon o onononn.

nonon nnon ono non n o nono nonono no noo , nnon o, nononono,nononon nono o onononon o onononn. nonon nnon ono non n o nono nonono no noo , nnon o, nononono,nononon nono o onononon o onononn.nonon nnon ono non n o nono nonono no noo , nnon o, nononono,nononon nono o onononon o onononn.

nonon nnon ono non n o nono nonono no noo , nnon o, nononono,nononon nono o onononon o onononn.

Nonono, nonono,nonononoononn nono no on nonono nonon o nono nono no nonon ono nonono, nonono,nonononoononn nono no on nonono nonon o nono nono no nonon ono non ono nnon nn on o non onono non o onnon nono no , n o n on on onon ono non nonono nono nonon on non no nonono, nonono,nonononoononn nono no on nonono nonon o nono nono no nonon ono non ono nnon nn on o non onono non o onnon n, no no , n o n on on onon ono non nonono nono nono nonon on non no nonononono nno non ononon . (ANDRADE, 2002, p.10)

5 Conclusões

Inclua suas conclusões aqui. nonon nnon ono non n o nono nonono nonon nnon ono non n o nono nonono nonon nnon ono non n o nono nonono

Agradecimentos

Agradecimentos a revisores, colaboradores e agências de fomento. Estas podem ser colocadas após o artigo ser aprovado para não comprometer a revisão as cegas.

Referências

GERAUD G, SPIERINGS EL, KEYWOOD C. Tolerability and safety of frovatriptan with short- and long-term use for treatment of migraine and in comparison with sumatriptan. *Headache*. 2002;42 Suppl 2:S93-9.

Artigos em Periódicos

Estrutura:

Título do artigo. Título do periódico. Ano de publicação;Volume(Número):Páginas.

Observações:

- Após o ano de publicação, não usar espaços.
- Usar os títulos abreviados oficiais dos periódicos. Para revistas nacionais que fazem parte da SciELO, essa informação pode ser obtida na página da própria revista, na sessão “sobre nós”. Para abreviatura de periódicos internacionais, consultar o “Index Medicus - abbreviations of journal titles” (<http://www2.bg.am.poznan.pl/czasopisma/medicus.php?lang=eng>).
- Ao listar artigos com mais de seis (06) autores, usar a expressão et al após o sexto autor.

• Artigo Padrão

VU RL, HELMESTE D, AL, REIST C. Rapid determination of venlafaxine and Odesmethylvenlafaxine in human plasma by high-performance liquid chromatography with fluorimetric detection. *J. Chromatogr. B*. 1997;703(1-2):195–201.

• Volume com suplemento

GERAUD G, SPIERINGS EL, KEYWOOD C. Tolerability and safety of frovatriptan with short- and long-term use for treatment of migraine and in comparison with sumatriptan. *Headache*. 2002;42 Suppl 2:S93-9.

• Número com suplemento

GLAUSER TA. Integrating clinical trial data into clinical practice. *Neurology*. 2002;58(12 Suppl 7):S6-12.

• Número sem volume

BANIT DM, KAUFER H, HARTFORD JM. Intraoperative frozen section analysis in revision total joint arthroplasty. *Clin Orthop*. 2002;(401):230-8.

• Sem volume ou número

Outreach: bringing HIV-positive individuals into care. *HRSA Careaction*. 2002:1-6

- **Artigo em uma língua diferente do português, inglês e espanhol**

HIRAYAMA T, KOBAYASHI T, FUJITA T, FUJINO O. [A case of severe mental retardation with blepharophimosis, ptosis, microphthalmia, microcephalus, hypogonadism and short stature-the difference from Ohdo blepharophimosis syndrome]. No To Hattatsu. 2004;36(3):253-7. Japanese.

- **Artigo sem dados do autor**

21st century heart solution may have a sting in the tail. BMJ. 2002;325(7357):184.

- **Artigo em periódico eletrônico**

SANTANA RF, SANTOS I. Transcender com a natureza: a espiritualidade para os idosos. Rev. Eletr. Enf. [Internet]. 2005 [cited 2006 jan 12];7(2):148-58. Available from: http://www.fen.ufg.br/revista/revista7_2/original_02.htm.

- **Artigo aceito para publicação, disponível online:**

SANTANA FR, NAKATANI AYK, FREITAS RAMM, SOUZA ACS, BACHION MM. Integralidade do cuidado: concepções e práticas de docentes de graduação em enfermagem do estado de Goiás. Ciênc. saúde coletiva [internet]. Forthcoming. [cited 2009 mar 09]. Author's manuscript available at: http://www.abrasco.org.br/cienciaesaudecoletiva/artigos/artigo_int.php?id_artigo=2494.

Livros

- **Com único autor**

DEMO P. Auto-ajuda: uma sociologia da ingenuidade como condição humana. 1st ed. Petrópolis: Vozes; 2005.

- **Organizador, editor, compilador como autor**

BRIGTH MA, editor. Holistic nursing and healing. Philadelphia: FA Davis Company; 2002.

- **Capítulo de livro**

MEDEIROS M, MUNARI DB, BEZERRA ALQ, ALVES MA. Pesquisa qualitativa em saúde: implicações éticas. In: Ghilhem D, Zicker F, editors. Ética na pesquisa em saúde: avanços e desafios. Brasília: Letras Livres UnB; 2007. p. 99-118.

- **Instituição como autor**

SECRETARIA EXECUTIVA, Ministério da Saúde. Sistema Único de Saúde (SUS): princípios e conquista. Brasília (Brasil): Ministério da Saúde, 2000. 44 p.

- **Livro com tradutor**

STEIN E. Anorectal and colon diseases: textbook and color atlas of proctology. 1st Engl. ed. Burgdorf WH, translator. Berlin: Springer; c2003. 522 p.

- **Livro disponível na Internet**

SECRETARIA DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INSUMOS ESTRATÉGICOS; Ministério da Saúde. Por que pesquisa em saúde? Série B. Textos Básicos de Saúde. Série Pesquisa para Saúde: Textos para Tomada de Decisão [Internet]. Brasília: Ministério da Saúde; 2007 [cited 2009 Mar 09]. Available from: http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/pq_pesquisa_em_saude.pdf.

Monografia, Dissertação e Tese

- **Monografia**

TONON FL, SILVA JMC. O processo de enfermagem e a teoria do autocuidado de Orem no atendimento ao paciente submetido à cirurgia de próstata: implementação de um plano de cuidados individualizado no preparo para a alta hospitalar [monography]. São Carlos: Departamento de Enfermagem/UFSCar; 2005.

- **Dissertação**

COELHO MA. Planejamento e execução de atividades de enfermagem em hospital de rede pública de assistência, em Goiânia/GO [dissertation]. Goiânia: Faculdade de Enfermagem/UFG; 2007. 119 p.

- **Tese**

SOUZA ACS. Risco biológico e biossegurança no cotidiano de enfermeiros e auxiliares de enfermagem [thesis]. Ribeirão Preto: Escola de Enfermagem/USP; 2001. 65 p.

Trabalhos em Eventos Científicos

- **Anais/Proceedings de conferência**

MUNARI DB, MEDEIROS M, BEZERRA ALQ, ROSSO, CFW. The group facilitating interpersonal competence development: a brazilian experience of mental health teaching. In: Proceedings of the 16th International Congress of Group Psychotherapy [CD-ROM]; 2006 jul 17-21; São Paulo, Brasil. p. 135-6.

RICE AS, FARQUHAR-SMITH WP, BRIDGES D, BROOKS JW. Canabinoids and pain. In: Dostorovsky JO, Carr DB, Koltzenburg M, editors. Proceedings of the 10th World Congress on Pain; 2002 Aug 17-22; San Diego, CA. Seattle (WA): IASP Press; c2003. p. 437-68.

- **Anais/Proceedings de conferência disponível na Internet**

CENTA ML, OBERHOFER PR, CHAMMAS J. A comunicação entre a puérpera e o profissional de saúde. In: Anais do 8º Simpósio Brasileiro de Comunicação em Enfermagem [Internet]; 2002 Maio 02-03; São Paulo, Brasil. 2002 [cited 2008 dec 31]. Available from: <http://www.proceedings.scielo.br/pdf/sibracen/n8v1/v1a060.pdf>.

- **Trabalho apresentado em evento científico**

ROBAZZI MLCC, CARVALHO EC, MARZIALE MHP. Nursing care and attention for children victims of occupational accident. Conference and Exhibition Guide of the 3rd International Conference of the Global Network of WHO Collaborating Centers for Nursing & Midwifery; 2000 July 25-28; Manchester; UK. Geneva: WHO; 2000.

Outras Publicações

- **Jornais**

SOUZA H, PEREIRA JLP. O orçamento da criança. Folha de São Paulo. 1995 maio 02; Opinião: 1º Caderno.

- **Artigo de jornal na internet**

DEUS J. Pacto visa o fortalecimento do SUS em todo estado de Mato Grosso. Diário de Cuiabá [Internet]. 2006 Apr 25 [cited 2009 feb 16]. Saúde. Available from: <http://www.diariodecuiaba.com.br/detalhe.php?cod=251738>.

- **Leis/portarias/resoluções**

MINISTÉRIO DA SAÚDE; Conselho Nacional de Saúde. Resolução Nº 196/96 – Normas regulamentadoras de pesquisa envolvendo seres humanos. Brasília (Brasil): Ministério da Saúde; 1996. Conselho Federal de Enfermagem. Resolução COFEN-311/2007. Aprova a Reformulação do Código de Ética dos Profissionais de Enfermagem. Rio de Janeiro (Brasil): COFEN; 2007.

- **Base de dados online**

SHAH PS, ALIWALAS LI, SHAH V. Breastfeeding or breast milk for procedural pain in neonates. 2006 Jul 19 [cited 2009 mar 02]. In: The Cochrane Database of Systematic Reviews [Internet]. Hoboken (NJ): John Wiley & Sons, Ltd. c1999 – . Available from: <http://www.mrw.interscience.wiley.com/cochrane/clsysrev/articles/CD004950/frame.html> Record No.: CD004950.

- **Texto de uma página da Internet**

CARVALHO G. Pactos do SUS – 2005 – Comentários Preliminares [Internet]. Campinas: Instituto de Direito Sanitário Aplicado; 2005 Nov 15 [cited 2009 mar 11]. Available from: http://www.idisa.org.br/site/artigos/visualiza_conteudo1.php?id=1638

- **Publicação no Diário Oficial da União**

LEI N. 8.842 DE 4 DE JANEIRO DE 1994. Dispõe sobre a Política Nacional do Idoso, cria o Conselho Nacional do Idoso e dá outras providências. Diário Oficial da União (Brasília). 1994 Jan 05.

- **Homepage da Internet**

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA [Internet]. Brasília: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (BR) [cited 2009 feb 27]. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios. Síntese de Indicadores 2005. Available from:

<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/trabalhoerendimento/pnad2005/default.shtm>

DATASUS [Internet]. Brasília: Ministério da Saúde (BR) [cited 2006 oct 20]. Departamento de Informática do SUS – DATASUS. Available from: <http://w3.datasus.gov.br/datasus/datasus.php>.

Para mais informações sobre as referências consulte International Committee of Medical Journal Editors Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals: Sample References: (http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform_requirements.html), ou ainda, consulte o site Citing Medicine (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/bv.fcgi?rid=citmed.TOC&depth=2>).