RG&SA
Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental
Artigos

MONITORAMENTO AMBIENTAL DAS ÁGUAS DO ESTUÁRIO DO RIO DAS CONCHAS (RN) PRÓXIMO A UMA UNIDADE DE EXTRAÇÃO DE SAL

DOI: 10.19177/rgsav8e22019361-385

Rogério Taygra de Vasconcelos Fernandes[1], Jônnata Fernandes de Oliveira[2], Raimunda Thyciana Vasconcelos Fernandes[3], Aruza Rayana Morais Pinto[4], Louize Nascimento[5], Jean Carlos Dantas de Oliveira[6]

RESUMO

A produção salineira no Rio Grande do Norte teve início em 1802, através da produção de sal marinho por evaporação solar. Esse Estado é o maior produtor no Brasil, isso é possível graças à combinação de fatores naturais, como as altas temperaturas, ventos secos, intensa evaporação e prolongada estação de estiagem. Embora gere emprego e renda para a população dos municípios produtores, deve-se reconhecer a existência de impactos ambientais negativos decorrentes dessa atividade, como a devastação de ecossistemas marinho e terrestre. Logo, é importante monitorar esses empreendimentos com intuito de determinar seus impactos ao meio e avaliar a eficiência de medidas mitigadoras. Assim, objetivou-se analisar as características físico-químicas e biológicas das águas do rio das conchas, Rio Grande do Norte, próximo a uma unidade de extração de sal. Entre janeiro e dezembro de 2015, foram encontrados os seguintes parâmetros: a evapotranspiração potencial superou em mais de 10 vezes a precipitação pluviométrica; a salinidade, as concentrações de cálcio e magnésio variaram em função do balanço hídrico; o pH manteve-se alcalino e variou pouco, mantendo-se dentro do limite; a temperatura apresentou homogeneidade térmica; a concentração de OD caracterizou o sistema como bem oxigenado; baseado na concentração de Clorofila *a*, o ambiente variou de oligotrófico a mesotrófico; a comunidade fitoplanctônica constituiu-se principalmente de Bacillariophyceae. A emissão de efluentes líquidos obedeceu aos critérios da licença ambiental do empreendimento e aos limites estabelecidos (CONAMA 430/2011). Conclui-se que os resultados estão dentro dos padrões exigidos, demonstrando que não há uma degradação da qualidade de água do estuário do rio das conchas decorrentes do empreendimento de extração de sal.

Palavras-chave: Emissão de efluentes. Impactos ambientais. Produção de sal.

[1] Eng. de Pesca e Civil, Doutor em Ciência Animal (UFERSA). Docente da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA. E-mail: rogerio.taygra@ufersa.edu.br
[2] Biólogo, Doutor em Ciência Animal (UFERSA). Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão. E-mail: jonnata.oliveira@ifma.edu.br
[3] Zootecnista, Doutora em Ciência Animal (UFERSA). Empresa Equilíbrio Gerenciamento Ambiental, RN. E-mail: fernandesrtv@hotmail.com
[4] Agrônoma. Equilíbrio Gerenciamento Ambiental, RN. E-mail: aruza_rayana@hotmail.com
[5] Gestora Ambiental, Mestranda em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, RN. E-mail: louizenscmt@gmail.com
[6] Biólogo, Doutorando em Ciência Animal da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, RN. E-mail: jeancarlosdo@hotmail.com

1 INTRODUÇÃO

A utilização do sistema de salinas pelo homem é uma atividade que já existe a milênios (SILVA; SILVA COSTA, 2015). No Brasil a produção de sal teve início no período pré-colonial, mas já havia salinas naturais desde antes da invasão dos europeus, especialmente no Nordeste do país (DINIZ et al., 2015). Em 1603, o Capitão Pero Coelho de Souza durante o levantamento cartográfico que identificou as fozes dos rios da costa do nordeste de Pernambuco ao Maranhão, escreveu que entre os rios Ceará Mirim e o Açú, as áreas costeiras só se prestavam para a exploração de sal (MOURA, 2003), e em 1802 as salinas do litoral setentrional do Rio Grande do Norte começaram a ser exploradas (SANTOS, 2010). Neste Estado, a produção de sal marinho por evaporação solar é uma das atividades mais antigas e tradicionais (SILVA et al., 2013).

A vocação do Rio Grande do Norte para produção de sal é o resultado da combinação de múltiplos condicionantes naturais, como as altas temperaturas, ventos secos, intensa evaporação e prolongada estação de estiagem. As condições climáticas, atreladas a outros fatores, possibilitaram o Estado se tornar o maior produtor nacional de sal (FERNANDES, 1995). O parque salineiro do RN é responsável por 97% da produção brasileira de sal marinho, sendo comercializado com vários Estados brasileiros e exportado principalmente para os Estados Unidos, África e Europa (SIESAL, 2010). Em 2014, por exemplo, foram produzidos 7,5 milhões de toneladas de sal marinho na região (SILVA REBOUÇAS et al., 2018).

RG&SA Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental

Alguns polos de produção de sal artesanais do Estado estão sendo vendidos para ocupação das grandes salinas que existem na região. A atividade de produção de sal artesanal é considerada sustentável e menos agressivas ao ambiente (SILVA; SILVA COSTA, 2015). Embora a produção salineira em grandes empreendimentos gere importantes recursos econômicos, bem como emprego e renda para a população dos municípios produtores, deve-se reconhecer a existência de impactos ambientais negativos decorrentes da atividade. A extração de sal depende da ocupação de grandes áreas às margens de estuários e baías de regiões áridas e semiáridas (DAVIS, 2000; MEDEIROS et al., 2012). Dentre os severos impactos estão a interrupção de cursos d'água, devastação de manguezais, salinização de áreas produtivas, alteração da umidade da região pelo incremento da evaporação das salinas, alteração do ecossistema marinho e terrestre (FERREIRA et al., 2015).

O efluente liberado pelas salinas pode causar a poluição do ecossistema estuarino/marinho, com alteração na qualidade da água e consequente migração e/ou morte de peixes, moluscos e crustáceos (BEZERRA; BRITO, 2001; BEZERRA; BATISTA, 2012; FERREIRA et al., 2015). Esse efluente pode modificar as características abióticas do sistema. Aumentos significativos de temperatura nos corpos d'água, por exemplo, são, geralmente, decorrentes de despejos de origem industrial, podem causar impactos negativos nos corpos d'água. Essas variações súbitas nas águas causam efeitos significativos nos ecossistemas aquáticos, sendo que os organismos aquáticos são afetados por temperaturas fora de seus limites de tolerância térmica, o que influencia negativamente o seu crescimento e reprodução (CORREIA et al., 2015).

O monitoramento ambiental consiste na realização de mensuração de a alguns indicadores e parâmetros, com a finalidade de verificar se determinados impactos ambientais estão ocorrendo, podendo ser dimensionada sua magnitude e avaliada a eficiência de eventuais medidas preventivas adotadas (BITAR; ORTEGA, 1998). Segundo Machado (1995) a elaboração de um registro dos resultados do monitoramento é de fundamental importância para o acompanhamento da situação, tanto para a empresa e para o Poder Público, como também para a realização de auditoria.

RG&SA
Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental

Sob esta perspectiva, o monitoramento ambiental surge como importante ferramenta para gestão sustentável da atividade salineira, possibilitando a continuidade da exploração econômica do sal marinho, além de permitir identificar e minimizar eventuais impactos negativos decorrentes dessa atividade. Logo, objetivou-se analisar as características físico-químicas e biológicas das águas do rio das conchas, Rio Grande do Norte, próximo a uma unidade de extração de sal, a fim de identificar eventuais perturbações ambientais provocadas pelo empreendimento.

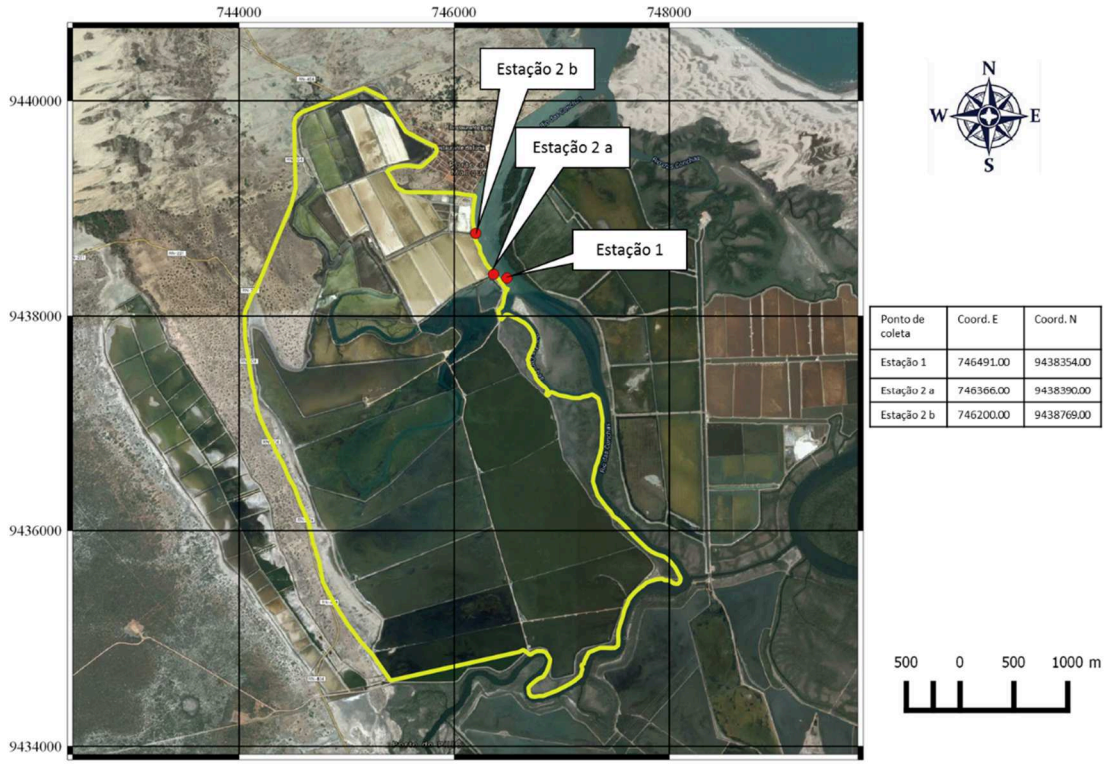
2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O monitoramento ambiental ocorreu no período de janeiro a dezembro de 2015, de forma a caracterizar a qualidade da água do estuário do rio das conchas, Rio Grande do Norte. Foram estabelecidas três estações de coletas conforme recomendado no Termo de Referência: Programa de Monitoramento Ambiental Para

Projetos de Extração de Sal Marinho - área superior a 100 ha, fornecido pelo Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte (IDEMA). A figura 1 apresenta a localização georreferenciada das estações de coleta no DATUM Sirgas 2000, sistema de projeção UTM.

Figura 1. Pontos de amostragens devidamente georreferenciados do estuário do rio das conchas, Rio Grande do Norte.



Ponto de coleta	Coord. E	Coord. N
Estação 1	746491.00	9438354.00
Estação 2 a	746366.00	9438390.00
Estação 2 b	746200.00	9438769.00

- **Estação 1** – Abastecimento da unidade de produção: corresponde ao ecossistema aquático onde se realiza a captação de água para abastecimento da salina, possibilitando, a partir do acompanhamento periódico, contínuo e sistemático de variáveis físicas, químicas e biológicas, bem como de suas interações, avaliar a qualidade das águas e, consequentemente, a "saúde" do ambiente estuarino.
- **Estação 2 (a e b)** – Ponto de Lançamento de efluente: tem como principal função caracterizar os efluentes produzidos pela salina com base em variáveis pré-estabelecidas, permitindo a avaliação dos efluentes quanto sua adequação as normas vigentes, prevenindo a ocorrência de poluição.

Nota: Embora a salina possua dois pontos de lançamento de efluentes, ambos servem tanto para o lançamento de águas-mães como para o lançamento de salmouras resultantes do processo de lavagem do sal.

2.2 Coleta e parâmetros monitorados

As amostras foram coletadas a 30 cm de profundidade da maré mais baixa e da maré mais alta de cada período. As coletas foram realizadas com periodicidade mensal ou trimestral na Estação 1, ou a cada descarte na Estação 2 (a e b), obedecendo ao determinado no Termo de Referência: Programa de Monitoramento Ambiental Para Projetos de Extração de Sal Marinho - área superior a 100 ha (tabela 1).

Tabela 1. Parâmetros analisados e frequência de coleta no estuário do rio das conchas, Rio Grande do Norte.

Estação de Coleta	Parâmetro	Unidade	Periodicidade
Estação 1	Temperatura	°C	Mensal
	Salinidade	‰	Mensal
	pH	UpH	Mensal
	Cálcio	mg/l	Mensal
	Magnésio	mg/l	Mensal
	Clorofila *a*	µg/l	Trimestral
	Oxigênio dissolvido	mg/l	Trimestral
	Fitoplâncton	Cel/ml	Trimestral
Estação 2 (a e b)	Temperatura	°C	A cada descarte
	Salinidade	‰	A cada descarte
	pH	UpH	A cada descarte
	Cálcio	mg/l	A cada descarte
	Magnésio	mg/l	A cada descarte
	Oxigênio dissolvido	mg/l	A cada descarte
	Materiais sedimentáveis	ml/l	A cada descarte

RG&SA ISSN 2238-0763 Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental

Adicionalmente, foram coletados dados diários referentes à precipitação pluviométrica e evapotranspiração potencial, por considerar que estes fenômenos são determinantes na dinâmica do ambiente estuarino.

2.3 Análise e interpretação dos dados

As amostras foram realizadas seguindo as metodologias de referência para cada parâmetro, conforme descrito sucintamente na tabela 2. Os resultados obtidos

foram comparados trimestralmente através da Análise de Variância ou pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (H), quando as variáveis não atenderam à premissa de normalidade, mesmo após a transformação, utilizando o Programa estatístico PAST (*Paleontological Statistics*) versão 3.15 (HAMMER, 2019). Os dados obtidos foram comparados com os valores de referência da resolução CONAMA 357/2005, 397/2008 e 430/2011, considerando o corpo d'água como Salino, Classe 1, bem como com dados da literatura e períodos anteriores de monitoramento.

Tabela 2. Descrição sucinta dos métodos de análises utilizados no estudo realizado no estuário do rio das conchas, Rio Grande do Norte.

Parâmetro	Método
Salinidade	Determinada com o auxílio de refratômetro portátil da marca Vodex, modelo VX100SG.
Temperatura	Determinada com o auxílio de um termômetro digital portátil, marca Kasvi, modelo 29.5030.
pH	Determinado com medidor de PH de Bancada Digital do tipo "eletrodo de vidro", marca Lab1000, modelo mPA 210.
Cálcio	Titulação com EDTA e indicador Negro de Eriocromo
Magnésio	Titulação com EDTA e indicador Negro de Eriocromo
Oxigênio Dissolvido	Determinado pelo método polarográfico, com medidor de oxigênio dissolvido portátil com sonda de 4 metros da marca Hanna, modelo HI9146, com compensação automática da temperatura e salinidade.
Clorofila *a*	As amostras foram concentradas sob pressão negativa, em filtros de fibra de vidro de 47 mm de diâmetro. Como solvente utilizou-se acetona 90 %. Após 24 horas de extração, no escuro e à baixa temperatura, as medidas de absorbância foram feitas espectrofotometricamente a 665nm e 759nm de comprimento de onda com auxílio de espectrofotômetro UV-VIS digital microprocessado, modelo UV-M51 da marca Bel Photonics, antes e após a acidificação com HCL a 1N. As concentrações de clorofila *a* foram determinadas matematicamente.
Fitoplâncton	As amostras foram coletadas com o auxílio de uma rede de plâncton, de malha 20 µm, por meio de arrasto horizontal a 30 cm de profundidade da superfície da água. Após a coleta, as amostras foram acondicionadas em recipientes esterilizados com volume de aproximadamente 200 ml e conservados em formol a 4 %. Para a identificação dos organismos utilizou-se um microscópio binocular da marca Olen, modelo K55-BA com até 400 vezes de aumento. Foram identificadas todas as algas encontradas de acordo com sistema de classificação para as classes e

RGSA Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental

	gêneros segundo as indicações de Bicudo e Menezes (2006). A contagem do fitoplâncton foi realizada com o auxílio de uma Câmara de Neubauer, utilizando mesmo microscópio supracitado.
Material Sedimentado	Foi analisado pelo teste de uma hora em "Cone de Imhoff". Inicialmente 1 litro da amostra foi transferido para o cone de Imhoff e homogeneizado com o auxílio de uma baqueta de vidro. A mostra permaneceu em repouso para decantação por 45 minutos. Após esta etapa, o cone foi rotacionado em 360º, e permaneceu em repouso pôr mais 15 minutos, totalizando 1 (uma) hora, quando então realizou-se a leitura.

Com objetivo de se obter o maior número de informações, permitindo uma avaliação holística do ambiente estuarino onde a Salina está inserida, bem como dos possíveis impactos que a mesma possa ter provocado no ano de 2015, os parâmetros foram avaliados na forma de indicadores (tabela 3).

Tabela 3. Indicadores utilizados no estudo realizado no estuário do rio das conchas, Rio Grande do Norte.

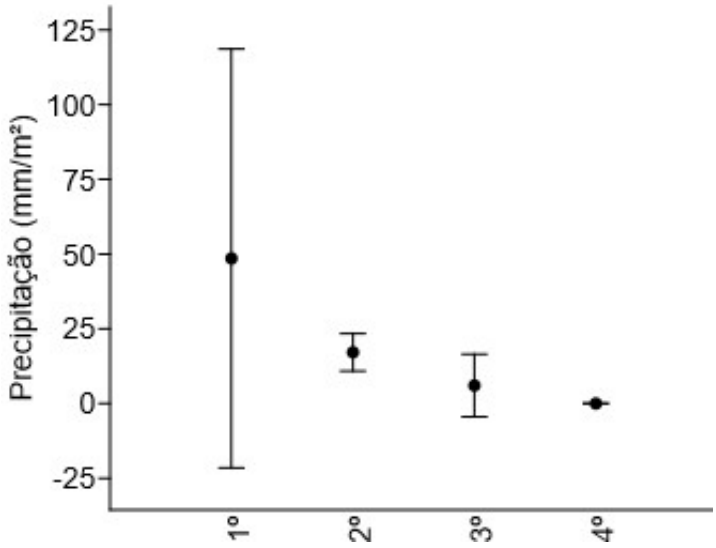
Parâmetros	**Indicador**
Evaporação e evapotranspiração potencial	Indicador de balanço hídrico
Salinidade, cálcio, magnésio e pH	Indicador de balanço iônico
Temperatura e oxigênio dissolvido	Indicador de condição de suporte biológico
Clorofila *a*	Indicador de estado trófico
Fitoplâncton	Indicador hidrobiológico
Efluentes	Indicador de poluição

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Indicador de balanço hídrico

O ano de 2015 foi considerado extremamente seco na região, com precipitação anual acumulada de apenas 215,10 mm/m², menos da metade da média histórica da região, que é de 514 mm/m². O mês que registrou a maior precipitação pluviométrica foi março, com 129,30 mm/m², e de agosto a dezembro não foram registradas chuvas na região. Houve diferença na precipitação entre os trimestres (H' = 11,89; p = 0,005), sendo observada entre o 4º *vs.* 1º, 2º e 3º (p = 0,003) trimestres (Figura 2).

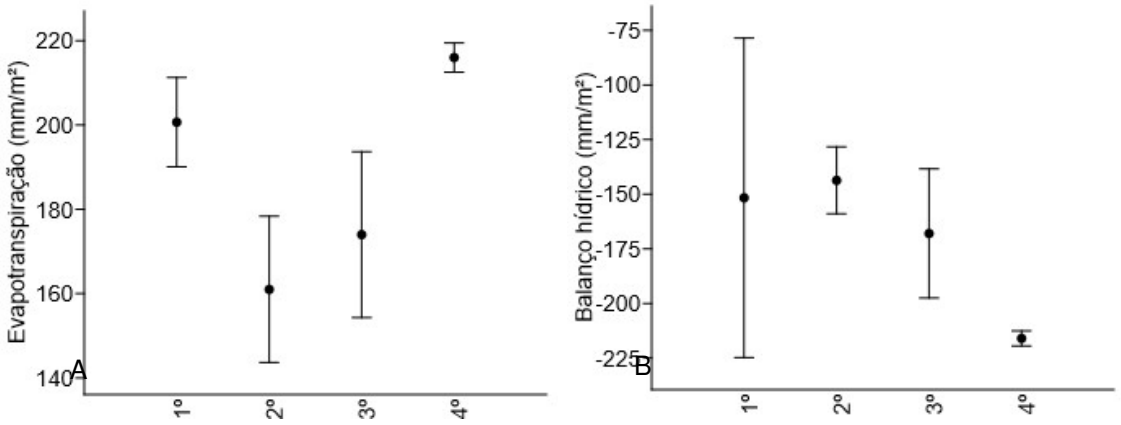
Figura 2. Dados trimestrais da Precipitação pluviométrica no município de Porto do Mangue, Rio Grande do Norte.



A distribuição da precipitação pluviométrica torna evidente ainda a divisão entre estação chuvosa, que ocorre principalmente entre os dois primeiros trimestres, de janeiro a julho, e a estação seca, no terceiro e quarto trimestre, que vai de agosto a dezembro (Figura 2). Fernandes et al. (2017) registram dados de precipitação diferentes no mesmo estuário em um estudo realizado entre os anos de 2004 e 2005, onde os períodos chuvosos foram entre os meses de setembro e outubro de 2004 e de março a junho de 2005, com os demais caracterizados como de estiagem.

Houve diferença na evapotranspiração potencial ($F = 9,2$; $p = 0,006$; Figura 3A), sendo a diferença observada entre os trimestres 1º *vs.* 2º ($p = 0,04$), 2º *vs.* 4º ($p = 0,007$) e 3º *vs.* 4º ($p = 0,03$). A situação mostra-se ainda mais dramática quando consideramos a taxa de evapotranspiração potencial medida na região, que somou 2253,00 mm/m², mais de 10 vezes superior a precipitação pluviométrica. Não houve diferença estatística no balanço hídrico (Figura 3B) entre os trimestres ($F = 1,95$; $p = 0,20$). Em 2015, perdeu-se mais de 10 vezes água do que se ganhou, e o balanço hídrico manteve-se negativo durante todo o ano (Figura 3B), acumulando um déficit de 2.037,90 mm/m².

Figura 3. Dados trimestrais de Evapotranspiração potencial (A) e Balanço hídrico (B) no município de Porto do Mangue, Rio Grande do Norte.



3.2 Indicador de balanço iônico

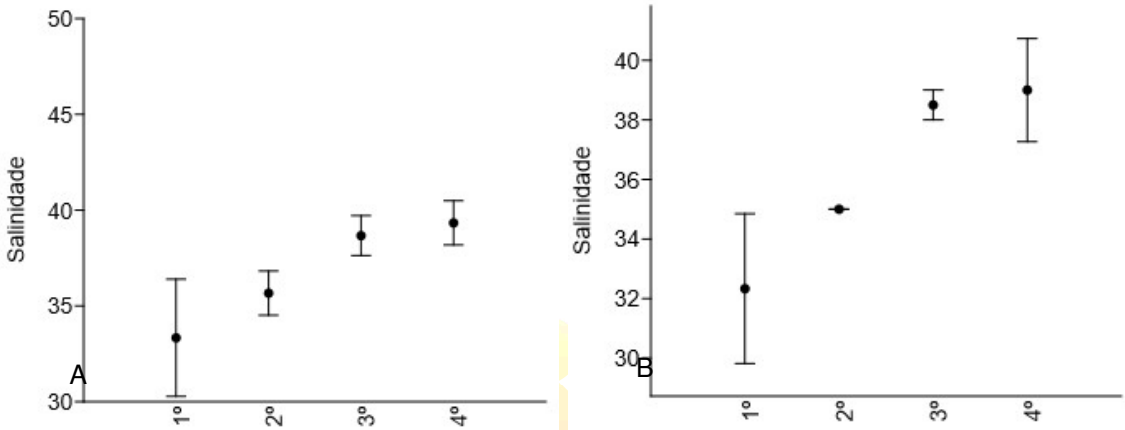
É importante mencionar que a salinidade é um dos fatores que mais limitam o crescimento, a nutrição e o desenvolvimento pleno de organismos aquáticos, sendo alta salinidade responsáveis pela redução do potencial osmótico no ambiente radicular das espécies vegetais (DASGAN et al., 2002), por propiciar a retenção de água e alterar os processos de absorção, transporte, assimilação e distribuição de nutrientes nessas espécies (CHUSMAN, 2001; MUNNS, 2002). Houve diferença na salinidade ($F = 7,09$; $p = 0,01$) entre o 1º *vs*. 3º ($p = 0,03$) e 4º ($p = 0,01$) trimestres (Figura 4).

A salinidade média registrada foi de 36,48 ‰, com valores oscilaram entre o mínimo de 30,00 ‰, medido em ambas as marés do mês março, e o máximo de 40 ‰, medido, também em ambas as marés, dos meses de outubro e novembro. Assim, o sistema pode ser caracterizado como salino ou hipersalino, com elevada estabilidade anual e pouca variação entre marés (Figura 4 A e B), o que pode ser justificado pela proximidade da área de estudo com o mar e a drenagem continental praticamente insignificante. Estes resultados condizem com os de Froneman (2002) no estudo de um estuário no sudeste da África do Sul. O autor encontrou temperatura e valores de salinidade entre 35,1‰ e 37,0‰.

Outros estudos voltados para salinidades estuarinas também registraram essas características, como, por exemplo, Rocha Barreto et al. (2018), que realizaram caracterização físico-química do estuário de Barra do Una, Peruíbe, São Paulo, e registraram variação significativa na salinidade, caracterizando-se como água salobra nos pontos do rio e estabilizando-se como salina na área da praia, e ainda destacam

que as marés influenciam e são responsáveis por alterações significativas dos parâmetros físico-químicos das águas estuarinas. Ao caracterizar a estrutura da comunidade fitoplanctônica, associada as principais variáveis abióticas do estuário do rio Apodi-Mossoró, Rio Grande do Norte, Fernandes et al. (2017) registraram uma salinidade média de 34,90%, sendo o regime predominantemente euhalino. Essa variação de salinidade em diferentes estuários, bem como, a instabilidade de seus fatos ambientais são aspectos inerentes aos estuários (SILVA, 2000).

Figura 4. Dados trimestrais de salinidade (‰); média da salinidade por maré alta (A) e maré baixa (B), no estuário do rio das conchas, Rio Grande do Norte.



Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental

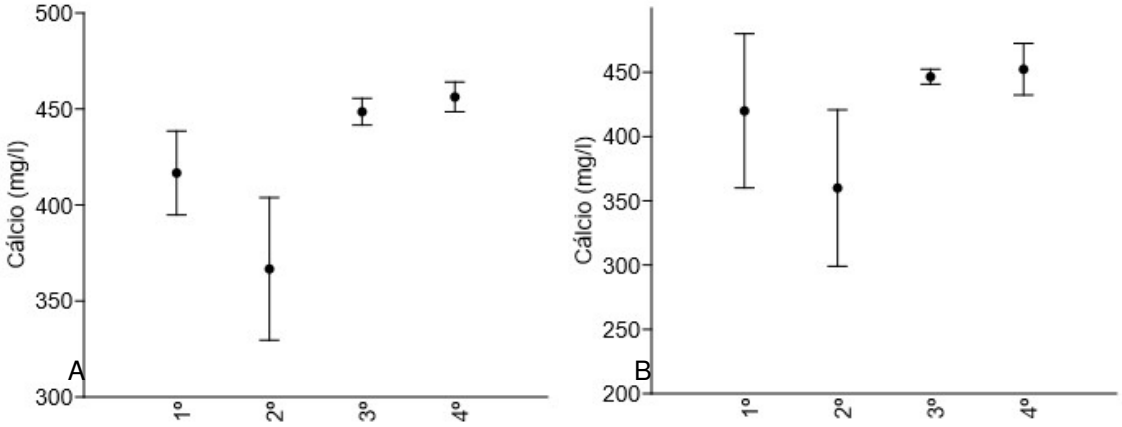
Houve relação inversa entre a salinidade e precipitação pluviométrica, devido ao efeito diluidor que esta última provoca no sistema. Durante o primeiro semestre, estação chuvosa, a salinidade apresentou valores ligeiramente inferiores aos medidos no segundo semestre, com o menor valor ocorrendo justamente no mês de março, mês mais chuvoso do ano de 2015.

É provável que se no ano de 2015 a precipitação pluviométrica tivesse sido próxima a média histórica, a diferença entre a salinidade no primeiro e segundo semestres (estação chuvosa e seca, respectivamente) fosse mais pronunciada. As pequenas reduções na salinidade ocorridas nos meses de agosto, setembro e dezembro podem ser decorrentes da abertura de comportas das barragens existentes no sistema Assú/Piranhas.

Não houve diferença estatística entre o íon cálcio (Ca^{++}) entre os trimestres na maré alta ($F = 4,40$; $p = 0,07$; Figura 5A) e baixa ($F = 2,77$; $p = 0,11$; Figura 5B). Este íon foi caracterizado com um valor médio de 420,89 mg/l, com valor máximo de 480,00

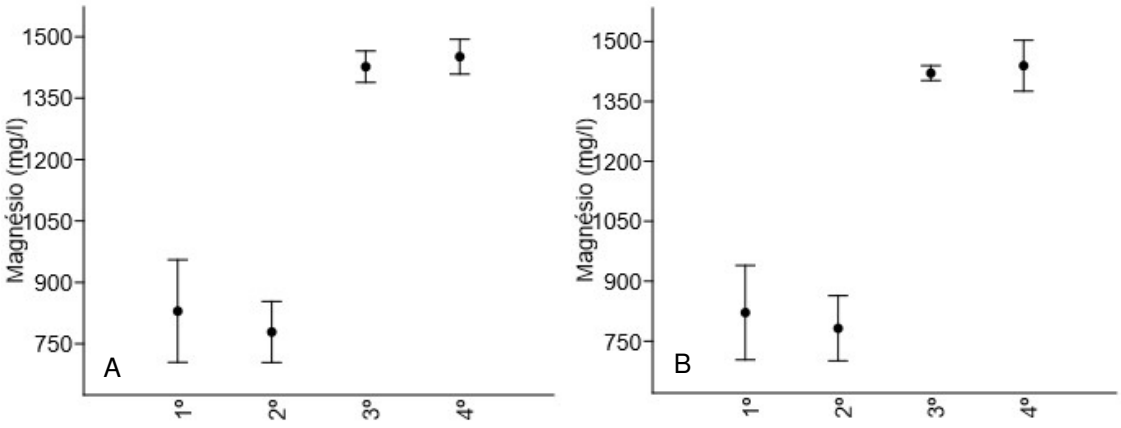
mg/l e valor mínimo de 320,00 mg/l, registrados na maré baixa do mês de janeiro e em ambas as marés do mês de maio, respectivamente.

Figura 5. Dados trimestrais do cálcio (mg/l); média da concentração por maré alta (A) e baixa (B) no estuário do rio das conchas, Rio Grande do Norte.



Houve diferença (H' = 8,64; p = 0,03; Figura 6A) no íon magnésio (Mg^{++}) na maré alta entre os trimestres 1º *vs*. 3º (p = 0,0002) e 4º (p = 0,0002), 2º *vs*. 3º (p = 0,0002) e 4º (p = 0,0002). O mesmo resultado foi encontrado na maré baixa. A média do íon magnésio foi de 1118,87 mg/l, com valores entre o máximo de 1476,00 mg/l, medido em ambas as marés dos meses de outubro e novembro, e o mínimo de 709,00 mg/l, medido durante a maré baixa do mês de junho. As concentrações de cálcio e magnésio acompanharam as variações da salinidade, indicando que não houveram distúrbios na proporção iônica decorrente do lançamento de efluentes da salina.

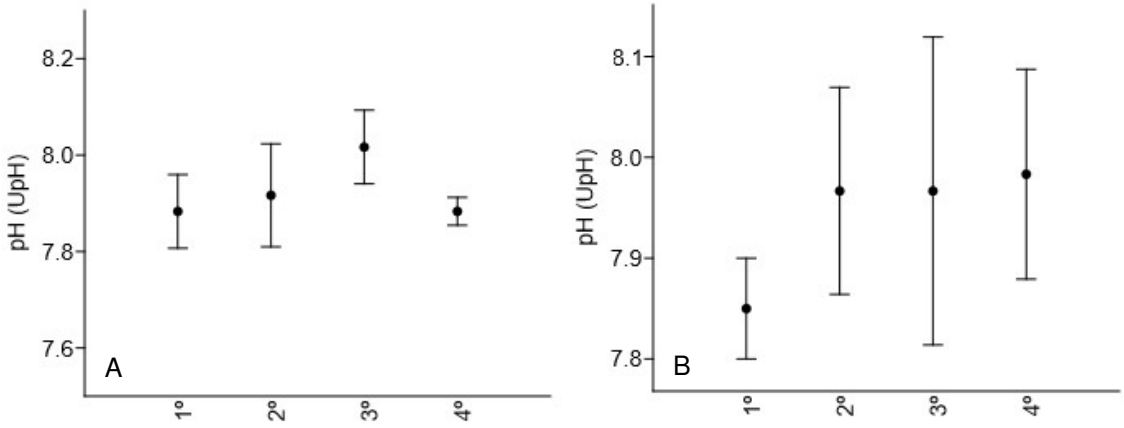
Figura 6. Dados trimestrais do magnésio (mg/l); média por maré alta (A) e baixa (B) no estuário do rio das conchas, Rio Grande do Norte.



O pH é uma das variáveis mais importantes dos ecossistemas aquáticos, e pequenas flutuações no mesmo podem ter grande influência nos mais diversos processos ambientais, como a decomposição da matéria orgânica, mistura do dióxido de carbono (CO2) e no oxigênio dissolvido (MACÊDO, 1974). O Potencial Hidrogeniônico (pH) não variou entre os trimestres na maré alta (F = 1,99; p = 0,19; Figura 7A) e baixa (F = 0,96; p = 0,45; Figura 7B). Mantendo-se alcalino, com média de 7,93 UpH. Com valor mínimo de 7,80 UpH, e que ocorreu durante as marés alta e baixa do mês de janeiro e na maré baixa do mês de julho. O valor mais elevado ocorreu em agosto e dezembro, durante a maré baixa, e setembro na maré alta, e foi igual a 8,10 UpH. Em todas as amostras o pH se manteve dentro dos limites da Resolução CONAMA 357/2005 para águas Salinas – Classe 1, que é entre 6,50 e 8,50 UpH.

As pequenas variações no pH registradas entre as marés de um mesmo mês, são decorrentes provavelmente das diferenças entre os horários de coleta, visto que a atividade fotossintética do fitoplâncton reduz o gás carbônico dissolvido na água, aumentando gradativamente o pH ao longo do dia.

Figura 7. Dados trimestrais do Potencial Hidrogeniônico (UpH); média por maré alta (A) e baixa (B) no estuário do rio das conchas, Rio Grande do Norte.

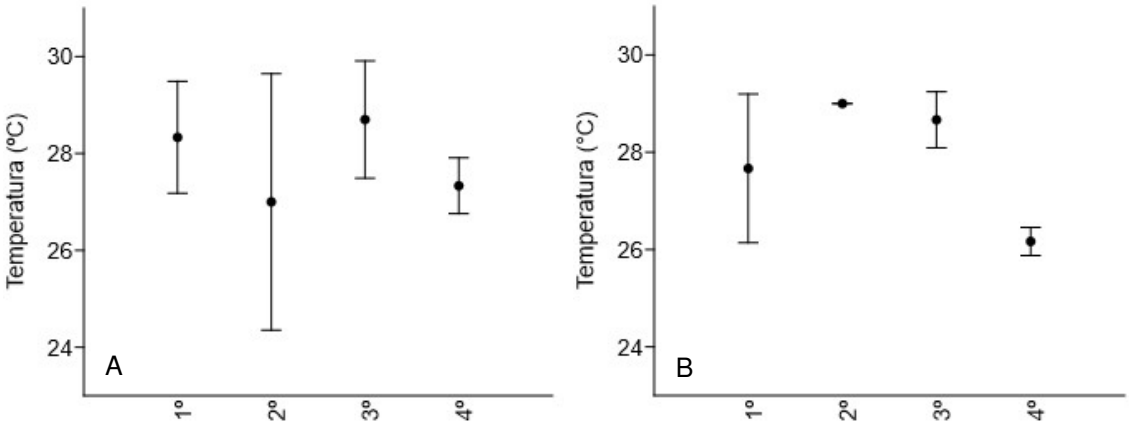


3.3 Indicador de condição de suporte biológico

O valor da temperatura não apesentou variação durante os trimestres na maré alta (F = 0,76; p = 0,54, Figura 8A) e baixa (H' = 6,27; p = 0,06; Figura 8B), e foi caracterizado pela média geral de 27,86 °C. Os valores registrados estão

compreendidos entre o máximo de 30,00 °C e o mínimo de 25,00 °C, o que representa uma amplitude térmica de 5,00 °C.

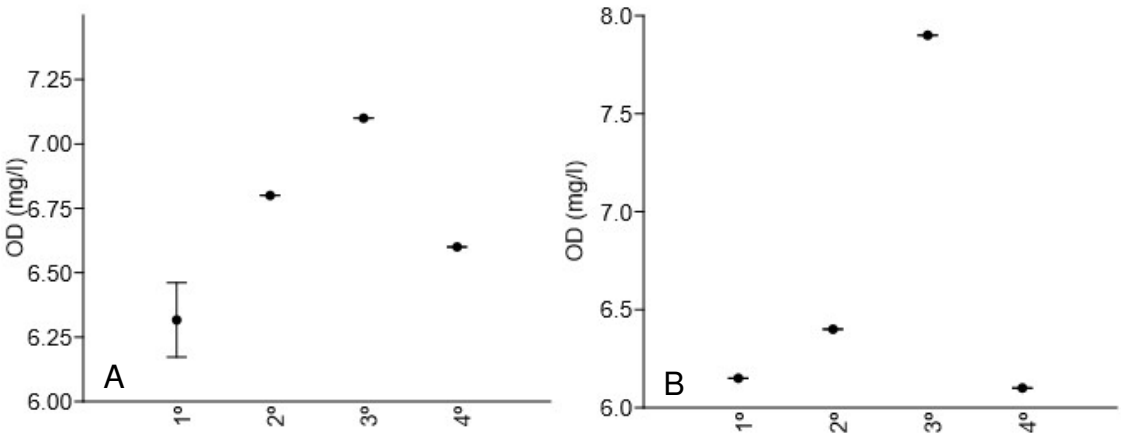
Figura 8. Dados trimestrais da temperatura (°C); média da temperatura por maré alta (A) e baixa (B) no estuário do rio das conchas, Rio Grande do Norte.



A homogeneidade térmica é um aspecto já esperado para a área em estudo, uma vez que a mesma está muito próxima a linha do equador, sofrendo pouco alteração quanto a incidência de radiação solar ao longo do ano. A principal causa para a variação da temperatura registrada ao longo do estudo foi o horário de realização das coletas, associados à dinâmica das marés.

Não houve variação entre os trimestres no Oxigênio Dissolvido (OD) (Figura 9 A e B). O OD apresentou média de 6,67 mg/l, com valor mínimo de 6,10 mg/l, registrado durante a maré baixa do quarto trimestre, e máximo de 7,90 mg/l, medido durante a maré alta do terceiro trimestre, o que caracterizou a área analisada como bem oxigenada. Em todas as amostras o OD se manteve acima do limite mínimo estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas Salinas – Classe 1, que é de 6,00 mg/l.

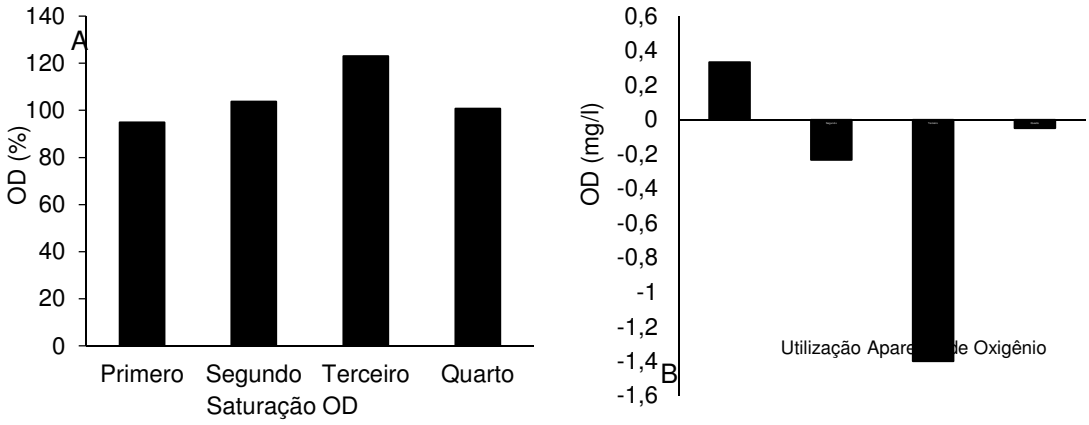
Figura 9. Dados trimestrais do Oxigênio Dissolvido (mg/l); média de OD na maré alta (A) e baixa (B) no estuário do rio das conchas, Rio Grande do Norte.



A alta taxa de oxigenação pode ser comprovada ao se observar a saturação de oxigênio nas amostras avaliadas, nunca inferiores a 90%, chegando a valores superiores a 100% no segundo, terceiro e quarto trimestre de 2015 (Figura 10A). Ao analisar a Utilização Aparente de Oxigênio (AOU), pode se verificar que incorporação deste gás ao sistema (produção) foi maior do que a retirada durante quase todo o período analisado, indicando que o mesmo possui boa capacidade de depuração, e que não está comprometido devido entrada de carga orgânica externa (Figura 10B).

Os valores mais baixos para a concentração e saturação de oxigênio dissolvido, bem como o valor positivo da Utilização Aparente de Oxigênio (AOU) no primeiro trimestre do ano de 2015, podem estar relacionados com a precipitação registrada neste período. Durante a estação chuvosa ocorre a redução da incidência solar e velocidade dos ventos, diminuindo a atividade fotossintética das microalgas e a entrada de oxigênio dissolvido no sistema por difusão, além de aumentar a quantidade de sedimentos e matéria orgânica em suspenção, que consomem oxigênio durante o processo de oxidação.

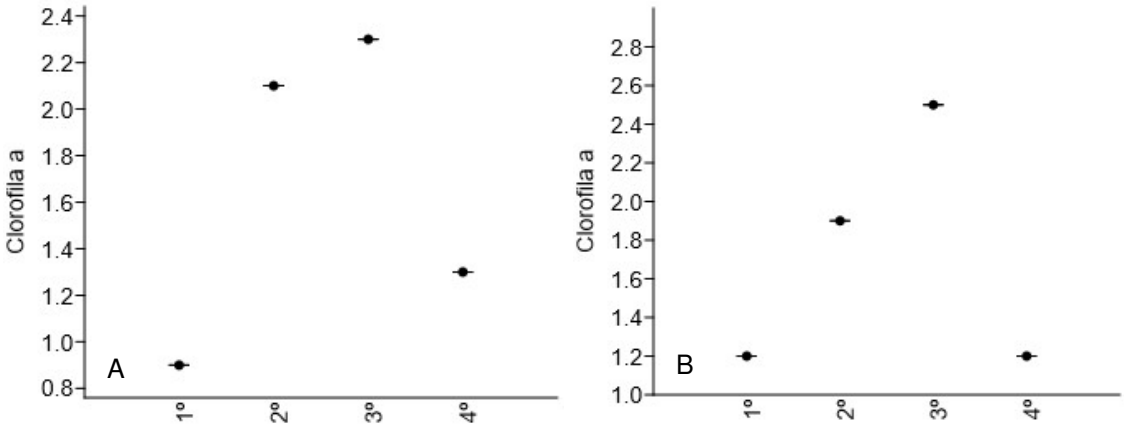
Figura 10. Média da saturação de Oxigênio Dissolvido e variação trimestral da utilização aparente de OD do rio das conchas, Rio Grande do Norte.



3.4 Indicador de estado trófico

Não houve variação na clorofila *a* entre os trimestres na maré alta e baixa. A concentração de Clorofila *a* apresentou média de 1,68 µg/l, com valores entre o mínimo de 0,90 µg/l durante a maré alta do primeiro trimestre, e o máximo de 2,50 µg/l na maré baixa do terceiro trimestre (Figura 11).

Figura 11. Dados trimestrais da Clorofila *a* (µg/l); média trimestral por maré alta (A) e baixa (B) no estuário do rio das conchas, Rio Grande do Norte.



Os menores valores medidos para este parâmetro ocorreram durante o primeiro trimestre, muito provavelmente em decorrência da precipitação pluviométrica deste período, que pode ter aumentado a turbidez da água, reduzindo a penetração de luz e, consequentemente, a atividade fotossintética. No segundo e terceiro trimestres ocorreu um aumento gradual na concentração de Clorofila *a*, o que pode ser entendido como uma resposta retardada da comunidade fitoplanctônica à entrada de nutrientes

decorrente do aumento da drenagem continental provocado pelas chuvas no primeiro trimestre, combinado com a provável redução da turbidez da água. No quarto trimestre a concentração de Clorofila *a* caiu para valores próximos aos medidos no primeiro trimestre, indicando a redução da disponibilidade de nutrientes.

Em relação ao nível trófico, com base nos valores médios da concentração Clorofila *a* constatou-se que o sistema se comportou parte do ano como oligotrófico (primeiro e quarto trimestre) e parte como mesotrófico (segundo e terceiro), corroborando com a hipótese do efeito combinado do *input* de nutrientes provocado pelas chuvas e a redução da turbidez da água.

3.5 Indicador hidrobiológico

A estrutura qualitativa do fitoplâncton foi composta por 12 gêneros, sendo 10 da classe Bacillariophyceae, e dois da classe Dinophyceae (Tabela 4). A maior riqueza taxonômica foi evidenciada durante a maré alta do quarto trimestre, com 11 gêneros, e a menor durante a maré alta do terceiro trimestre, com seis gêneros (Figura 12). Fernandes et al. (2017) também encontraram uma maior riqueza em Bacilallariophyta (28 gêneros) e Dinophyta (11 gêneros), em um estudo realizado nos anos de 2004 e 2005 no mesmo estuário.

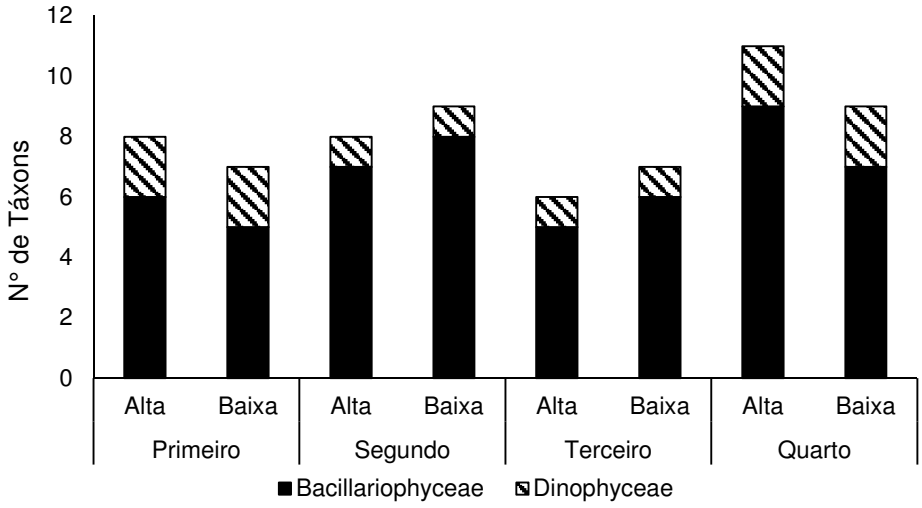
RG&SA ISSN 2358-307X
Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental

Tabela 4. Dados do monitoramento qualitativo do fitoplâncton no estuário do rio das conchas, Rio Grande do Norte.

Classe	Táxon	Trimestre			
		1°	2°	3°	4°
Bacillariophyceae	*Amphipora* sp.	x			x
	Chaetoceros sp.	x	x	x	x
	Coscinodiscus sp.	x	x	x	x
	Cymbela sp.				x
	Gyrosigma sp.	x	x	x	x
	Melosira sp.		x	x	x
	Navicula sp.	x	x	x	x
	Nitzschia sp.	x	x		x
	Pleurosigma sp.		x		x
	Rhizosolenia sp.		x	x	
Dinophyceae	*Peridinium* sp.	x	x	x	x
	Ceratium sp.	x			x

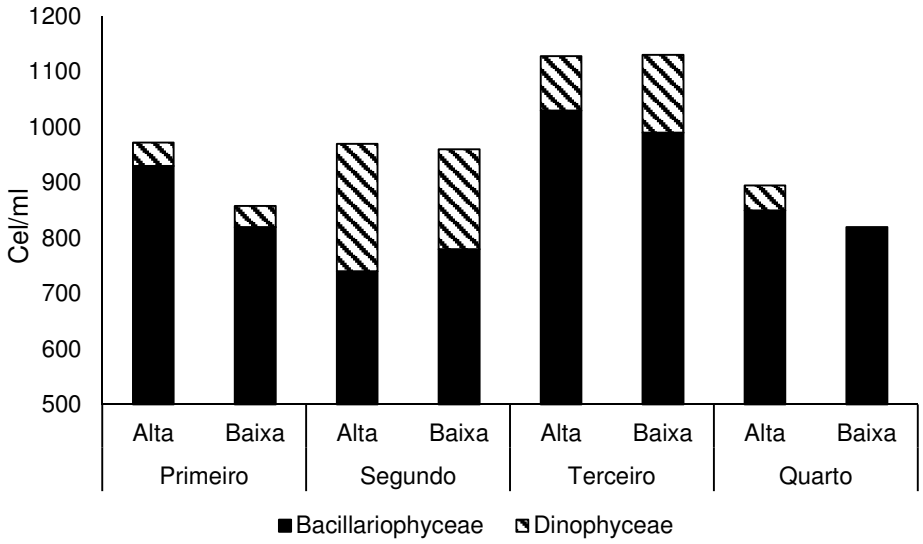
Os gêneros *Chaetoceros* sp.*, Coscinodiscus* sp.*, Gyrosigma* sp.*, Navicula* sp. entre as Bacillariophyceae, e o gênero *Peridinium* sp. entre as Dinophyceae, estiveram presentes em todas os trimestres, indicando sua capacidade de permanecer no ambiente em condições variáveis de salinidade. Não foram identificados gêneros potencialmente nocivos ao ambiente, ou indicadores de má qualidade da água, como cianobactérias, por exemplo.

Figura 12. Variação da riqueza taxonômica, por classe do fitoplâncton no estuário do rio das conchas, Rio Grande do Norte.



A densidade média da comunidade fitoplanctônica foi de 966,63 Cel/ml, com valores compreendidos entre 820,00 e 1130,00 Cel/ml (mínimo e máximo, respectivamente) (Figura 13). Assim como observado para a estrutura qualitativa, a classe Bacillariophyceae foi a mais representativa, respondendo em média, por 90% da densidade das do fitoplâncton. Em nenhum dos períodos avaliados foi constatada a ocorrência de florações algais, eventos em que densidade em Cel/ml é superior a 20.000,00.

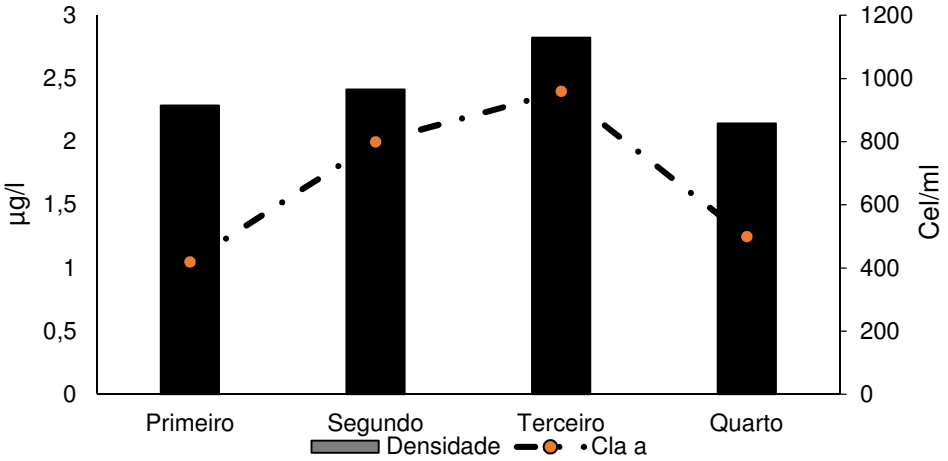
Figura 13. Variação da riqueza taxonômica, por classe do fitoplâncton no estuário do rio das conchas, Rio Grande do Norte.



Foi possível verificar a relação entre a densidade do fitoplâncton e a biomassa, representada pela concentração de Clorofila *a*, indicando que, assim como esta última, a estrutura qualitativa da comunidade fitoplanctônica também foi influenciada pelo regime de chuvas (Figura 14).

RG&SA ISSN 2238-8753
Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental

Figura 14. Relação entre Clorofila *a* e densidade do fitoplâncton no estuário do rio das conchas, Rio Grande do Norte.

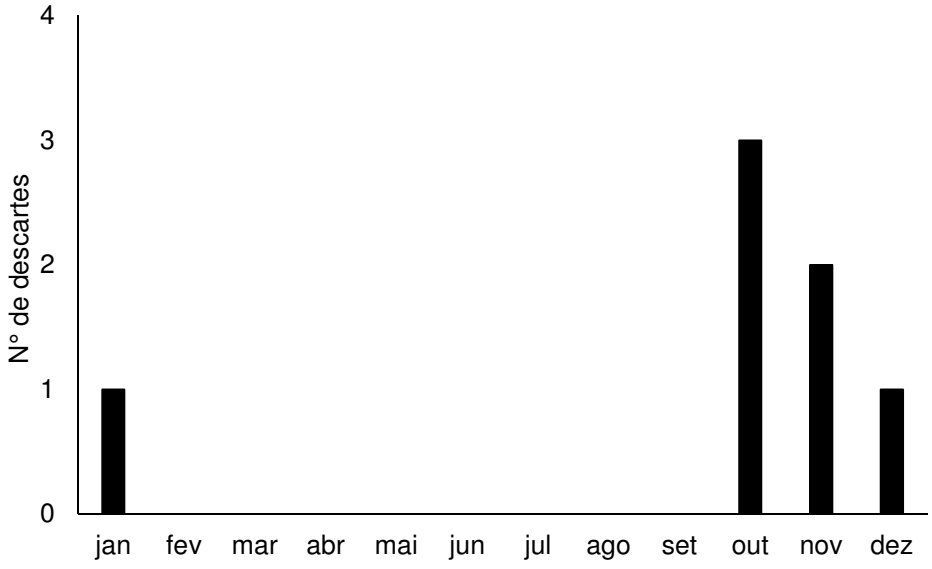


3.6 Indicador de poluição ambiental

No ano de 2015 foram realizados sete descartes de efluentes líquidos residuais do processo produtivo de sal marinho, incluindo água-mãe e efluente do lavador de

sal. A distribuição destes lançamentos ao longo do ano pode ser visualizada na figura 15.

Figura 15. Número de descartes mensais realizados em 2015, no estuário do rio das conchas, Rio Grande do Norte.



Outubro foi o mês com o maior número de descartes, com três no total, seguido de novembro com dois, e janeiro e dezembro com um cada. Nos demais meses não foram efetuados descartes de efluentes líquidos. Todos os descartes foram realizados respeitando-se os horários de vazante das marés, de acordo com o definido na condicionante da licença ambiental do empreendimento.

Verificou-se que a temperatura, o potencial hidrogeniônico e os materiais sedimentáveis estiveram dentro dos limites permitidos pela Resolução CONAMA 430/2011, que são de 40 °C para a temperatura, entre 5,00 e 9,00 para o pH e abaixo de 1 ml/l para os materiais sedimentáveis. Para a salinidade, cálcio, magnésio e oxigênio dissolvido, a referida resolução não estabeleceu limites de referência, não sendo possível, por esta razão, avaliar a adequação legal dos efluentes quanto a estes parâmetros (Ver tabela 5).

Considerando que durante o monitoramento do estuário não fora constatada nenhuma alteração anormal das variáveis ambientais, em especial da salinidade e concentração de cálcio e magnésio, que foram influenciados apenas pelo balanço hídrico, demonstrando assim, que o processo de fabricação de sal marinho da salina

não origina resíduo orgânico ou contaminante que levem ao comprometimento da qualidade ecológica das águas estuarinas.

Tabela 5. Dados do monitoramento dos efluentes no estuário do rio das conchas, RN. Temperatura dos efluentes emitidos (°C); Salinidade dos efluentes emitidos (‰); Concentração de cálcio dos efluentes (g/l); Concentração de magnésio dos efluentes (g/l); Valores de pH dos efluentes; Concentração de materiais sedimentáveis dos efluentes (ml/l); Concentração do oxigênio dissolvido dos efluentes (mg/l).

Mês	Temp.	Sal.	Ca^{++}	Mg^{++}	pH	M.S.	OD
Janeiro	28,5	140	0,24	10,85	8,11	0,30	3,2
Outubro (a)	29,0	140	0,20	9,68	7,99	0,40	2,8
Outubro (b)	27,6	130	0,24	8,57	8,02	0,25	3,1
Outubro (c)	28,0	140	0,20	6,74	8,01	0,50	3,0
Novembro (a)	28,0	140	0,36	16,93	8,20	0,60	2,6
Novembro (b)	27,0	130	0,32	16,90	8,20	0,20	2,8
Dezembro	27,6	140	0,20	20,31	8,00	0,40	2,4

Um estudo que avaliou a concentração nutriente inorgânicos em uma salina também no estado do Rio Grande do Norte demonstrou que as maiores concentrações de nutrientes inorgânicos ocorreram durante o período de baixa-mar, devido ao baixo nível das águas e do aporte dos nutrientes deixados após a preamar (MEDEIROS, 2010). Lopes e Lopes (2018) afirmam que são necessários investimentos e estudos em gestão, bem como um manejo que abarque a pluralidade do que é gerado. Essas ações, se executadas, poderão promover a implementação de rotas tecnológicas mais adequadas e sanar as adversidades vivenciadas.

Logo, o presente estudo é importante, pois além de reconhecer a importância socioeconômica da atividade salineira, é importante destacar também os potenciais prejuízos ambientais resultantes do processo de produção de sal (BEZERRA; BRITO, 2001). Boori e Amaro (2010) ao avaliarem os impactos ambientais e gestão dos recursos naturais no estuário Apodi-Mossoró observaram influência das atividades humanas, inclusive da indústria salineira, sobre riscos ambientais potenciais na área costeira e estuarina. Tais autores reportaram uma alta vulnerabilidade eco-ambiental na maior parte da área estudada, ratificando a importância de medidas de proteção ambiental para garantir não apenas a segurança do ecossistema, bem como o desenvolvimento socioeconômico dessa região.

4 CONCLUSÕES

- Durante o ano de 2015 a evapotranspiração potencial superou em mais de 10 vezes a precipitação, e o déficit hídrico acumulado foi de 2.037,90 mm/m²;
- A salinidade, juntamente com as concentrações de cálcio e magnésio, variou em função do balanço hídrico;
- O pH manteve-se sempre alcalino e não variou ao longo do ano, mantendo-se sempre dentro do limite estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005, demostrando o equilíbrio iônico do sistema;
- A temperatura variou mais em função do horário das coletas e das marés do que ao longo do ano, apresentando homogeneidade térmica típica de ambientes tropicais, favorecendo o metabolismo do sistema;
- A concentração de Oxigênio Dissolvido se manteve sempre acima dos 6,00 mg/l, que é o mínimo estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005, caracterizando o sistema como bem oxigenado;
- Segundo o índice de estado trófico baseado na concentração de Clorofila *a*, o ambiente variou de oligotrófico a mesotrófico, e também foi influenciada pelo balanço hídrico;
- A comunidade fitoplanctônica constituiu-se, qualitativa e quantitativamente, principalmente por gêneros da classe Bacillariophyceae. Foram identificados 12 gêneros, e a densidade se manteve em níveis considerados normais. Não foram observados eventos de florações algais;
- A emissão de efluentes obedeceu aos critérios da licença ambiental do empreendimento e aos limites estabelecidos pela resolução CONAMA 430/2011;

Com base nos resultados do monitoramento ambiental no período que trata este estudo, conclui-se que os resultados emitidos estão devidamente relacionados com os padrões exigidos pelas legislações vigente, demonstrando que não há uma degradação da qualidade de água do estuário do rio das conchas decorrentes do funcionamento da salina em questão. No entanto, vale destacar que essa é uma atividade antrópica, e que programas de monitoramento são essenciais para avaliar de forma sistemática os parâmetros de qualidade ambiental e identificar possíveis impactos negativos decorrentes da produção do sal, baseado na evaporação de água marinha.

RG&SA ISSN 2... Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental

Uma ação para reduzir os impactos do lançamento de efluentes é a implantação de sistemas de recirculação e do seu aproveitamento para extração de outros elementos com potencial econômico. Um exemplo é o estudo de Silva et al. (2017) acerca da potencialidade de produção de óxido de magnésio a partir da água-mãe proveniente da produção de sal marinho no município de Grossos, RN, mostrando a viabilidade da produção de óxido de magnésio a partir da água-mãe, onde aponta que além de minimizar impactos ambientais provocados pela indústria salineira, se tornaria uma fonte alternativa para produção no ramo.

ENVIRONMENTAL MONITORING OF THE WATERS OF THE ESTUARY OF THE DAS CONCHAS RIVER (RN) NEXT TO A SALT EXTRACTION UNIT

ABSTRACT

The saline production in Rio Grande do Norte began in 1802, through the production of sea salt by solar evaporation. The State is the largest producer in Brazil, this is possible thanks to the combination of natural factors such as high temperatures, dry winds, intense evaporation and prolonged drought season. Although it generates employment and income for the population of producing municipalities, it must recognize the existence of negative environmental impacts resulting from this activity, such as the devastation of marine and terrestrial ecosystems. Therefore, it is important to monitor these ventures to determine their impacts to the environment and to evaluate the efficiency of mitigating measures. The objective of this study was to analyze the physicochemical and biological characteristics of the waters of the Rio das Conchas, Rio Grande do Norte, near a salt extraction unit. Between January and December 2015, the following parameters were found: potential evapotranspiration exceeded rainfall by more than 10 times; salinity, calcium and magnesium concentrations varied according to the water balance; the pH remained alkaline and varied slightly, remaining within the limit; the temperature showed thermal homogeneity; the dissolved oxygen concentration characterized the system as well oxygenated; based on the Chlorophyll *a* concentration, the environment ranged from oligotrophic to mesotrophic; the phytoplankton community consisted mainly of Bacillariophyceae. The emission of liquid effluents obeyed the criteria of the environmental license of the enterprise and the limits established (CONAMA 430/2011). It is concluded that there is no evidence of negative environmental impacts resulting from the salt extraction unit.

Keywords: Emission of effluents. Environmental impacts. Salt production.

REFERÊNCIAS

BEZERRA, D.; BRITO L. **Avaliação dos Impactos Ambientais Produzidos pela Indústria Salineiras do Rio Grande do Norte**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21., 2001, João Pessoa, Anais... João Pessoa: UFPB, 2001. P.36.

BEZERRA, J. M.; BATISTA, R. O. Aspectos Econômicos e Ambientais da Exploração Salineira do Estado do Rio Grande do Norte. **Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal,** v. 9, n. 2, p.3-20, 2012.

BITAR, O. Y.; ORTEGA, R. D. **Gestão Ambiental**. In: OLIVEIRA, A.M.S.; BRITO, S.N.A. (Eds.). Geologia de Engenharia. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE), 1998, p.499-508.

BOORI, M. S.; AMARO, V. E. Detecting and understanding drivers of natural and ecoenvironmental vulnerability due to hydro geophysical parameters, ecosystem and land use change through multispectral satellite data sets in Apodi estuarine. Northeast Brazil. **International Journal of Environmental Sciences (IJES)**, v. 1, n. 4, p. 543 – 557, 2010.

CHUSMAN, V. Osmoregulation in plants: Implications for agriculture. **Am. Zool.**, v. 41, p. 758-769, 2001.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. 2005. Resolução COANAMA n° 357.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. 2011. Resolução COANAMA n° 430.

CORREIA, L. J. H.; FERNANDES, A. J. D.; LÚCIO, M. M. L. M.; OLIVEIRA TOMAZ, J. K.; HONORATO, M. B.; NASCIMENTO CARNEIRO, E. Monitoramento da qualidade físico-química da água do estuário do Rio Paraíba–Cabedelo, PB. **Revista Principia**, v. 1, n. 27, p. 47-54, 2015.

DASGAN, H.Y.; AKTAS, H.; ABAK, K.; CAKMAK. I. Determination of screening techniques to salinity tolerance in tomatoes and investigation of genotypes responses. **Plant Science**, v. 163, p.695-703, 2002.

DAVIS, J. Structure, function, and management of the biological system for seasonal solar saltworks. **Global NEST Journal**, v.2, n.3, p.217-226, 2000.

DINIZ, M. T. M.; VASCONCELOS, F. P.; MARTINS, M. B. Inovação tecnológica na produção brasileira de sal marinho e as alterações sócioterritoriais dela decorrentes: uma análise sob a ótica da Teoria do Empreendedorismo de Schumpeter. **Revista Sociedade & Natureza**, V. 27, N. 3, 2015.

RG&SA
Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental

FERNANDES, R. T. V.; OLIVEIRA, J. F.; NOVAES, J. L. C.; FERNANDES, R.; DA COSTA, R. S. Composição da comunidade fitoplanctônica no estuário do rio Apodi-Mossoró, semiárido brasileiro. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 12, n. 2, p. 325-337, 2017.

FERREIRA, S. F. M.; DE MIRANDA, A. C.; GOMES, H. P. Um estudo de uma comunidade de trabalhadores em salinas: o impacto ambiental e uma proposta em educação ambiental. **Revista Científica ANAP Brasil**, v. 8, n. 10, 2015.

FRONEMAN, P. W. Response of the plankton to three different hydrological phases of the temporarily open/closed Kasouga Estuary, South Africa. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 55, p. 535-546, 2002.

HAMMER, O. PAST - **PAleontological STatistics**, Version 3.15. Disponível em: <http://http://folk.uio.no/ohammer/past/>. 2019.

LOPES, G. A. B.; LOPES, R. L. A gestão dos resíduos sólidos urbanos do município de Parnamirim – RN. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 7, n. 2, p. 22-43, 2018.

MACÊDO, S. J. **Fisioecologia de alguns estuários do Canal de Santa Cruz (Itamaracá-PE). São Paulo, USP**. Dissertação (Mestrado em Fisioecologia) – Departamento de Fisiologia Geral do Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1974.

MACHADO, P.A.L. **Direito ambiental brasileiro**. 5ª ed. São Paulo: Malheiros Editores, 1995. 696p

MEDEIROS R. R.; COSTA, D. F. S.; LUCENA-FILHO, M. A.; BEZERRA, R. M.; MEDEIROS, D. H. M.; AZEVEDO-SILVA, A. M.; ARAÚJO, C. N.; XAVIER-FILHO, L. Brazilian solar saltworks – ancient uses and future possibilities. **Aquatic Biosystems**, v. 8, n.8, p.1-8, 2012.

MEDEIROS, D. H. M.; COSTA, D. F. S.; SILVA, L. F.; SILVA, U. D.; BEZERRA, R. M.; MEDEIROS ROCHA, R. Variabilidade espacial e temporal dos nutrientes inorgânicos em uma salina no município de Macau/RN. In: **62ª Reunião Anual da SBPC**, Natal, 2010.

MOURA, G. **Um Rio Grande e Macau**. Natal (RN): G. Moura, 2003.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant Cell Environ**., v. 25, p. 239-250, 2002.

ROCHA BARRETO, T. M. R.; CARMINATTO, A. A.; SOUZA, T. R.; PRADO SILVA, F. S.; BARRELLA, W.; RAMIRES, M. Caracterização físico-química do estuário de Barra

Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental

do Una, Peruíbe/SP. **Anais do Encontro Nacional de Pós-Graduação**, v. 2, n. 1, p. 436-440, 2018.

SANTOS, P. P. **Evolução econômica do Rio Grande do Norte (Século XVI a XXI)**. 3 ed. Natal: Departamento Estadual de Imprensa, 2010.

SIESAL - Sindicato da Indústria da Extração do Sal no Estado do Rio Grande do Norte. **Atas das assembléias ordinárias**. Mossoró-RN, 2010.

SILVA COSTA, D. F. et al. Breve revisão sobre a evolução histórica da atividade salineira no estado do Rio Grande do Norte (Brasil). **Sociedade & Natureza**, v. 25, n. 1, 2013.

SILVA REBOUÇAS, L., DA ROCHA, E. M., DA SILVA, J. D., DA COSTA, W. P. L. B., SILVA, S. L. P., DO NASCIMENTO, Í. C. S. Práticas de gestão de custos nas indústrias salineiras do Estado do Rio Grande do Norte. **Caderno Profissional de Administração da UNIMEP**, v. 8, n. 2, p. 95-114, 2018.

SILVA, A. P. **Ciclagem de Cr, Cu, Zn, Ni, Pb, Fe, Al, Mn e Cd no Manguezal do Estuário do Potengi – Natal/RN**. Dissertação. 48p. Mestrado em Oceanografia e Limnologia - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2000.

SILVA, C. L. C. et al. Potential of magnesium oxide production from saline effluent from marine salt production in the municipality of Grossos / RN. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 3, p.1-72, 2017.

SILVA, A. R.; SILVA COSTA, D. F. Caracterização do sistema artesanal de produção de sal no litoral setentrional do Rio Grande do Norte. **Revista do CERES**, v. 1, n. 2, p. 232-235, 2015.

Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental