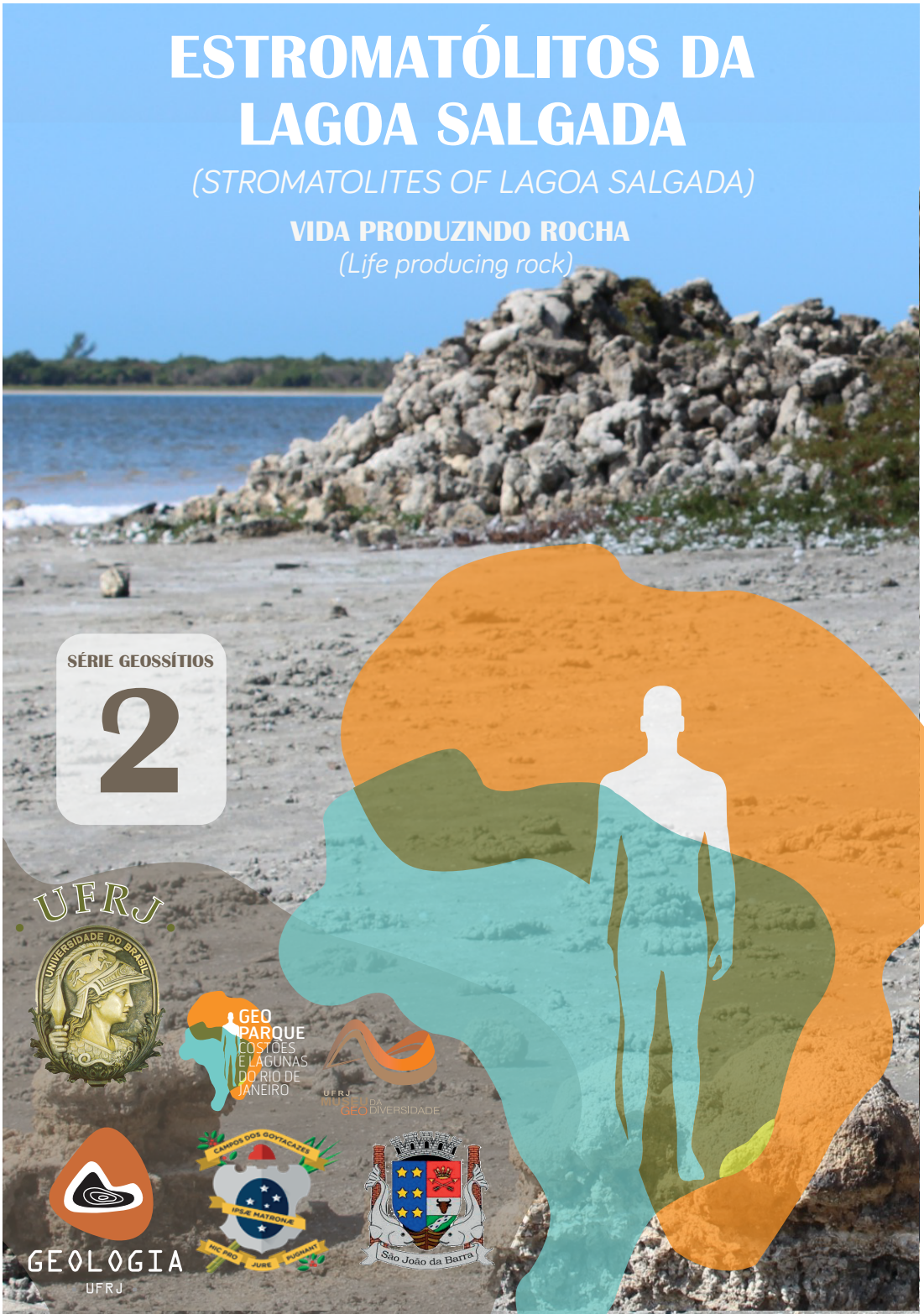
ESTROMATÓLITOS DA LAGOA SALGADA

(STROMATOLITES OF LAGOA SALGADA)

VIDA PRODUZINDO ROCHA

(Life producing rock)



SÉRIE GEOSSÍTIOS

2

UFRJ

GEOPARQUE COSTÕES E LAGUNAS DO RIO DE JANEIRO

UFRJ MUSEU DA GEODIVERSIDADE

GEOLOGIA UFRJ

CAMPOS DOS GOYTACAZES

HIC RIO JURE PUGNANT

São João da Barra

GEO PARQUE COSTÕES E LAGUNAS DO RIO DE JANEIRO

A Lagoa Salgada é um dos locais mais valiosos do ponto de vista geológico e ambiental da região entre Maricá e São Francisco de Itabapoana. Trata-se de um geossítio de importância mundial pela presença dos estromatólitos recentes em seu interior e margens. Por este motivo, faz parte dos sítios naturais selecionados para compor a proposta do Geoparque Costões e Lagunas do Rio de Janeiro. Esta proposta ainda será submetida à UNESCO. Este é o segundo número de uma série de documentos que estamos elaborando como estratégia para divulgação e proteção dos sítios relevantes para a ciência, a educação e o turismo, passo fundamental para a concretização de nossa proposta de Geoparque.

Os Geoparques da UNESCO são áreas geográficas únicas e unificadas em que os locais e paisagens de importância geológica internacional são geridos com um conceito holístico de proteção, educação e desenvolvimento sustentável. A abordagem deve de combinar a conservação com o desenvolvimento sustentável, ao mesmo tempo em que envolve as comunidades locais para geração de emprego e renda por meio do Geoturismo, Geoeducação e Geoconservação. Atualmente, em novembro de 2018, existem 140 Geoparques Globais da UNESCO em 38 países.
http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/earth-sciences/unesco-global-geoparks/

UNESCO Global Geoparks are single, unified geographical areas where sites and landscapes of international geological significance are managed with a holistic concept of protection, education and sustainable development. Their bottom-up approach of combining conservation with sustainable development while involving local communities is becoming increasingly popular. At present, there are 140 UNESCO Global Geoparks in 38 countries.
http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/earth-sciences/unesco-global-geoparks/

ISBN: 978-65-991943-9-9

CRÉDITOS/CREDITS

ELABORAÇÃO

Universidade Federal do Rio de Janeiro
Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza
Instituto de Geociências
Departamento de Geologia

Impressão financiada pelo Programa PROFAEX da PR5 - Pró-Reitoria de Extensão da UFRJ

PESQUISAS

Kátia Leite Mansur
Douglas Rosa da Silva
Gerson Cardoso da Silva Jr
Leonardo Borghi
Vinicius Egidio Lamego
Maria Eduarda de Tullio Verbicario
Rebecca Reis Transcoveski Gonçalves
Úrsula Lopes Riente

Dezembro, 2018

LAGOA SALGADA

A Lagoa Salgada, localizada no limite entre os municípios de Campos dos Goytacazes e São João da Barra, é uma laguna onde a salinidade da água pode variar ao longo do ano entre salobra, salgada e até hipersalina (maior do que a do mar). O mapa da Figura 1 indica sua localização no contexto do delta do rio Paraíba do Sul, onde está inserida entre cordões arenosos. Esses cordões indicam antigas linhas de praia e foram formados pelas variações do nível relativo do mar nos últimos 5 mil anos e pelas correntes que distribuem sedimentos ao longo da costa. A lagoa vem sendo estudada por cientistas de todo o mundo porque foram identificados estromatólitos no seu interior e margens.

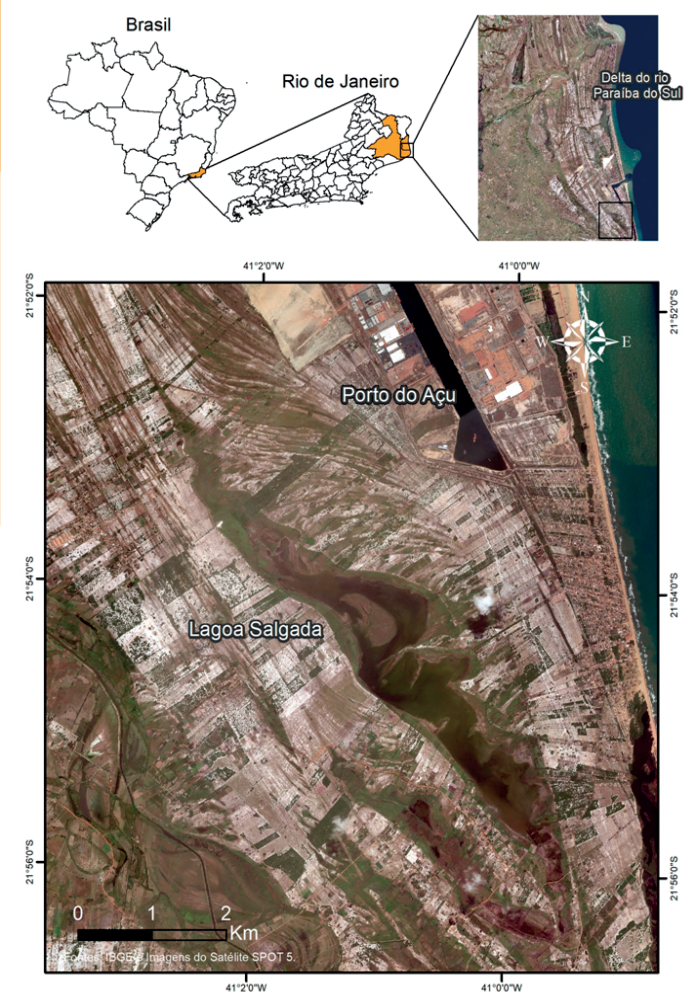


Figura 1: Mapa de localização da Lagoa Salgada.
Fonte: IBGE e Imagens do Satélite SPOT 5.

O QUE SÃO ESTROMATÓLITOS?

O nome estromatólito significa “tapete de pedra”. Eles são construções laminadas geradas pela ação de micro-organismos, por isso são chamadas de bioconstruções.

Os organismos retiram cálcio e CO_2 (dióxido de carbono) da água, produzindo o $CaCO_3$ (carbonato de cálcio). Os estromatólitos são, portanto, formados pelo acúmulo desse material carbonático. O metabolismo destes seres microscópicos ocorre por fotossíntese, ou seja, precisam de luz para realizar esta transformação como mostra a Figura 2.

Neste processo liberam oxigênio para a atmosfera.

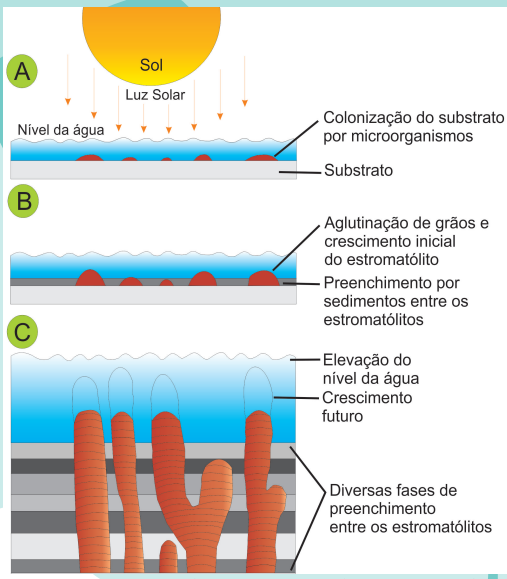


Figura 2: Processo de crescimento dos estromatólitos.
Fonte: Modificado da Revista Ciência Hoje, no. 222, pág. 25

Os micro-organismos também produzem uma substância pegajosa que os mantém unidos e colados ao substrato. Ela serve também para aprisionar grãos de minerais e/ou animais existentes no ambiente (Figura 3). Importante ressaltar que as esteiras de algas (chamadas de esteiras microbiais - ver Figura 4), que observamos em toda a extensão da Lagoa Salgada, correspondem a acumulações desses micro-organismos.

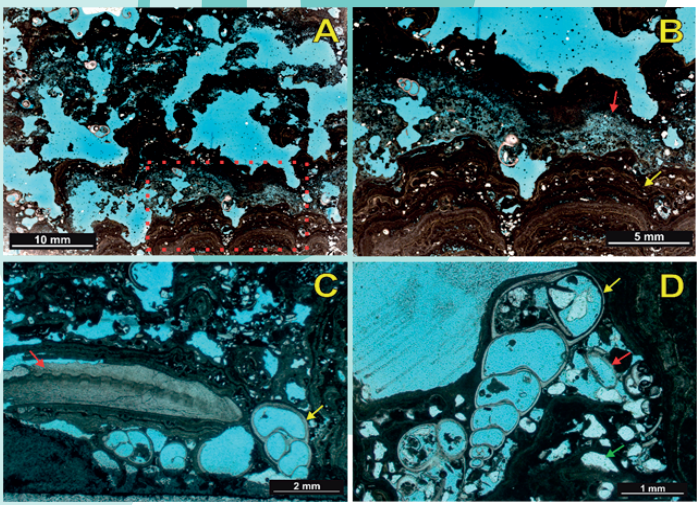


Figura 3: Fotos de estromatólitos da Lagoa Salgada feitas com auxílio de um microscópio. Na primeira linha são observadas as estruturas laminadas, onde B é um detalhe (pontilhado em vermelho) de A. As setas mostram os limites entre as laminações. Na linha inferior, pode-se observar a presença de conchas e minerais, onde D corresponde a uma visão de detalhe de C. As setas amarelas e vermelhas indicam a presença de conchas e a seta verde indica o mineral quartzo.
Fotos: Douglas Rosa da Silva.

Figura 4: Um dos tipos de esteiras microbianas existentes na Lagoa Salgada.

IMPORTÂNCIA DOS ESTROMATÓLITOS

Os estromatólitos são o registro macroscópico de vida mais antigo na Terra. Naquela época, há cerca de 3,5 bilhões de anos, havia um total predomínio das cianobactérias no ambiente marinho. Seu metabolismo era sustentado por fotossíntese, liberando oxigênio livre que, até então, era inexistente na atmosfera primitiva. O resultado desse processo foi a formação de grandes extensões de estromatólitos e de uma atmosfera rica em oxigênio.

Assim, os estromatólitos que se formam atualmente, como os da Lagoa Salgada, são laboratórios naturais para o estudo da origem da vida e da atmosfera em nosso planeta. Vale destacar que são raros na Terra locais como este e, por isto, são objeto de estudo de cientistas de todo o mundo.

Vale ressaltar que estudos realizados por Birgel e outros pesquisadores (ver referências ao final deste livreto), identificaram que o ambiente de formação dos estromatólitos da Lagoa salgada é similar àquele que reinava na Terra há bilhões de anos.

Pesquisadores também associam os estromatólitos às rochas-reservatório das camadas do Pré-Sal, apontando um valor adicional para eles, porque podem auxiliar no entendimento da origem das grandes jazidas de petróleo brasileiras. .

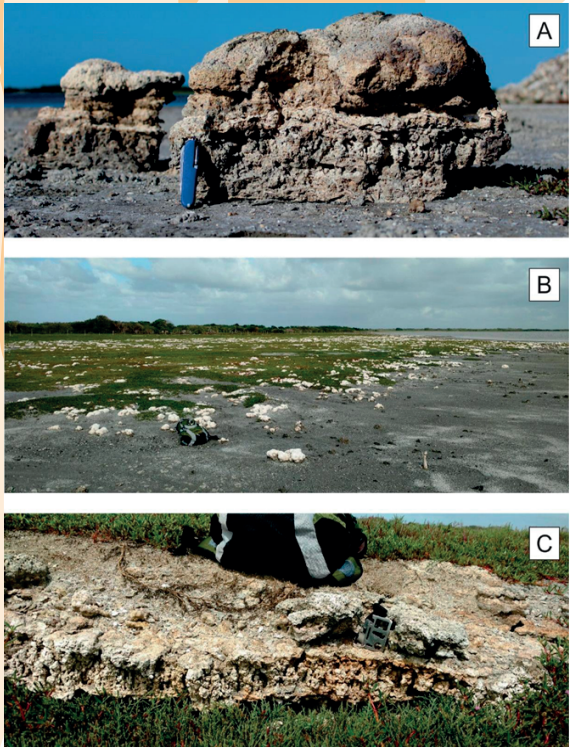


Figura 5: Imagens dos três tipos de estromatólitos identificados na Lagoa Salgada: (A) Domal maior; (B) Domal menor; e (C) Ramificados / colunares (Fotos de Douglas Rosa da Silva).

COMO SÃO E QUAL A IDADE DOS ESTROMATÓLITOS NA LAGOA SALGADA?

Na Lagoa Salgada podem ser observados três tipos de estromatólitos: Domal Maior, Domal Menor e Ramificados / Colunares (Figura 5). Para obter maiores detalhes, sugere-se consultar as referências bibliográficas no final deste livreto (ver Douglas Rosa da Silva, 2018).

Em geral, os estromatólitos se desenvolvem em ambientes muito específicos em que a salinidade, saturação em cálcio, quantidade de nutrientes, temperatura, a profundidade e dinâmica da água devem ser favoráveis para seu crescimento. Alterações nessas condições podem inibir seu desenvolvimento. A Figura 6 mostra que a formação de cada tipo de estromatólito identificado na Lagoa Salgada pode estar associada a um local específico na laguna.

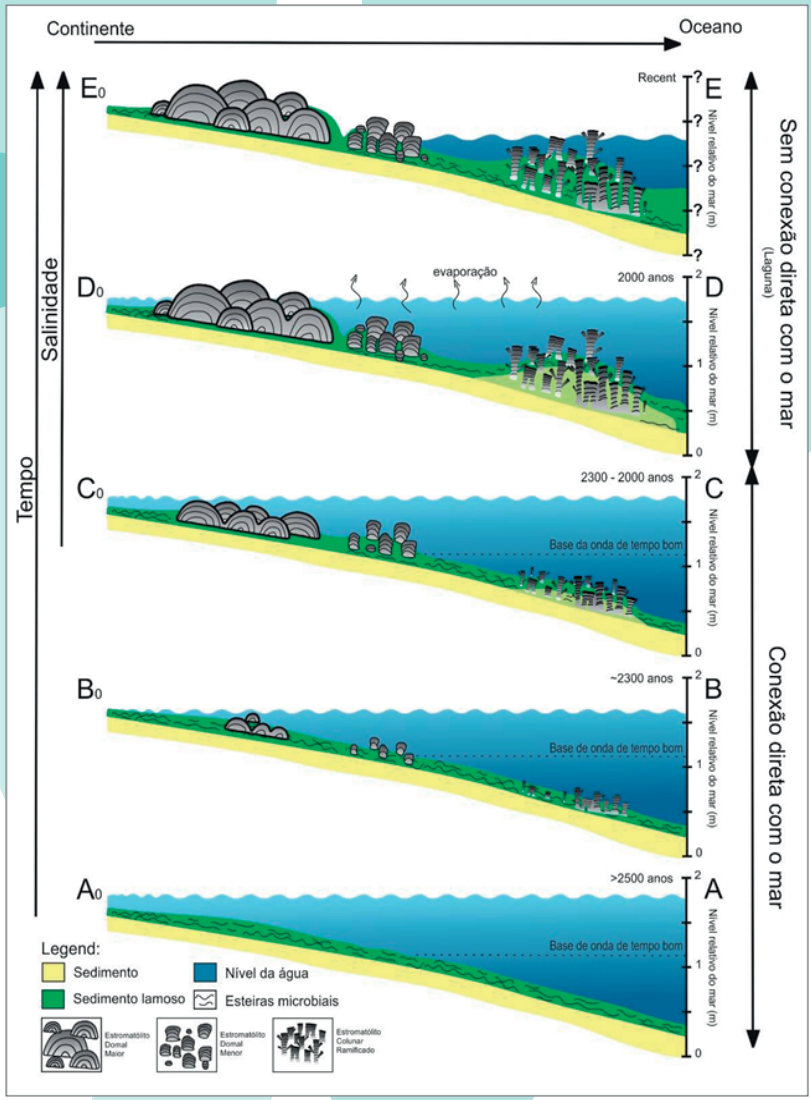


Figura 6: Modelo evolutivo dos estromatólitos no interior da Lagoa Salgada ao longo do tempo. Fonte: Douglas Rosa da Silva

A pesquisadora Anelize Bahniuk em sua Tese de Doutorado em 2013 (ver referência no final deste livreto), realizou datação num estromatólito do tipo Domal Maior com cerca de 20 cm de altura, coletado na Lagoa Salgada, e identificou idades de aproximadamente 2.220 anos na base e 260 anos no topo do exemplar estudado, mostrando que ele se desenvolveu em aproximadamente 2.000 anos. A taxa de crescimento calculada foi de 1 cm a cada 100 anos, demonstrando que o processo é de fato lento, o que torna estas bioconstruções bastante vulneráveis.

A Figura 7 mostra a distribuição dos tipos de estromatólitos e das esteiras microbiais na Lagoa Salgada

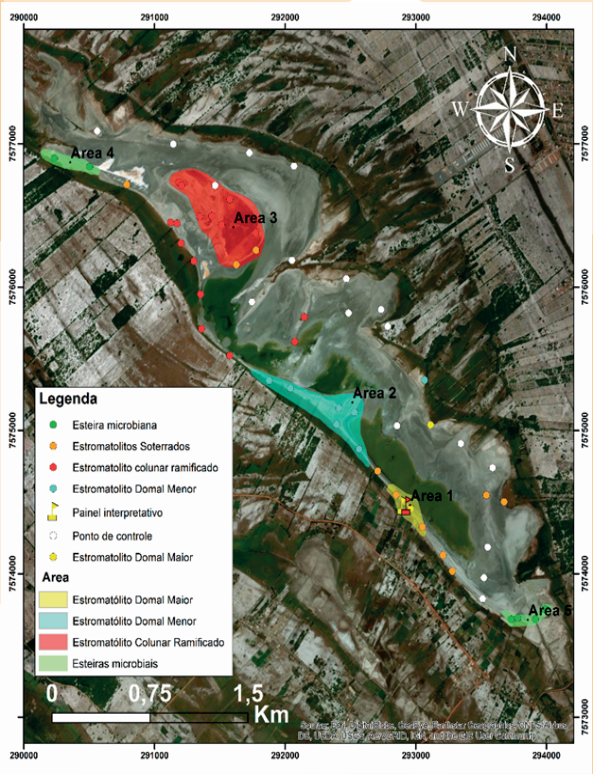


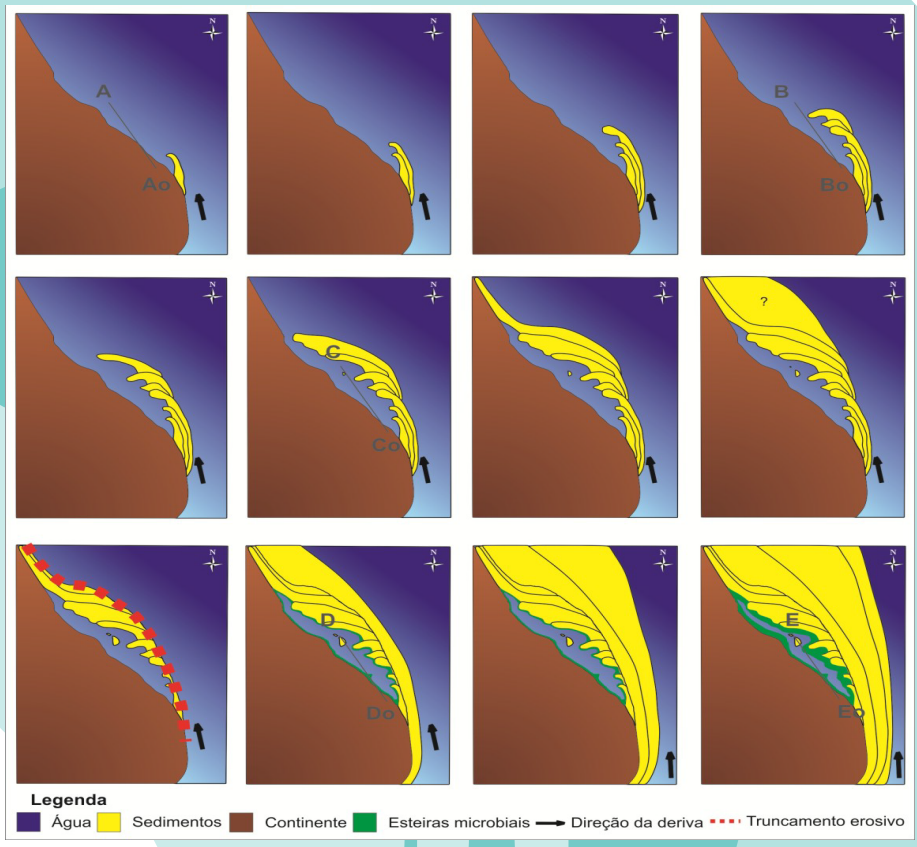
Figura 7: Localização dos estromatólitos e esteiras microbiais na Lagoa Salgada. Fonte: Silva (2018).

COMO FOI FORMADA A LAGOA SALGADA?

Há cerca de cinco mil anos, o nível relativo do mar se elevou durante um período de aquecimento climático e inundou as terras baixas do litoral, formando enseadas. Posteriormente, num período mais frio, com o recuo do nível do mar, deu-se o fechamento da Lagoa Salgada.

O isolamento da lagoa propiciou condições de salinidade e hidrodinâmica que possibilitaram o crescimento dos micro-organismos que originaram os estromatólitos.

Pela observação das Figuras 8 e 9, apoiadas pela imagem de satélite da Figura 10, é possível sugerir um processo para formação da laguna. Pelo modelo proposto, o fechamento se deu pela acreção de cordões arenosos formados por sedimentos trazidos pelas correntes litorâneas que os distribuem ao longo do litoral.



AMEAÇAS AO RARO ECOSSISTEMA

Muitas ameaças são observadas na região e que podem provocar danos ao ecossistema da Lagoa Salgada.

a) A salinidade da Lagoa é frequentemente alterada pela entrada de água do mar e de água doce e, ocasionalmente, pode ser classificada como salobra. Esta situação não é propícia para o desenvolvimento dos estromatólitos.

b) No entorno existe criação de animais que pisoteiam os estromatólitos, deslocando-os de seu local de origem.

c) Estromatólitos foram removidos para construção de cercas que dividem as propriedades.

d) Somente parte da Lagoa Salgada encontra-se no interior do Parque Estadual da Lagoa do Açu - PELAG, sendo que todas as ocorrências de estromatólitos do tipo Colunar / Ramificado encontram-se desprotegidas (Figura 10).
Dessa forma, é importante que medidas sejam tomadas a fim de evitar a remobilização dos estromatólitos, as alterações na qualidade da água causadas pela abertura de comportas, bem como é essencial a inclusão de toda extensão da laguna no PELAG.

Figura 9 - Barras arenosas em Moray Firth, Escócia. Sugerimos que situação semelhante tenha ocorrido durante o fechamento da Lagoa Salgada. Foto: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d8/Moray_Firth%2C_Scotland%2C_13_April_2011_-_Flickr_-_PhillipC.jpg

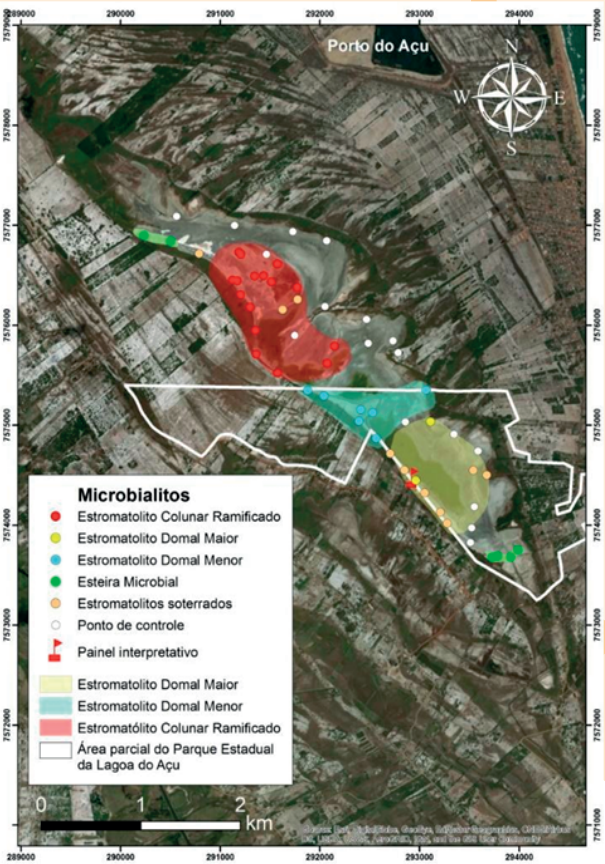


Figura 10: Localização das construções microbiais na Lagoa Salgada e limites da área do Parque Estadual da Lagoa do Açu (em branco). Fonte: Silva (2018).

A Lagoa Salgada é um raro ecossistema com relevância Mundial. Tem potencial para receber excursões científicas, educacionais e turísticas. Trata-se de um raro patrimônio geológico, pela ocorrência de estromatólitos recentes, cuja existência no Brasil se resume a este sítio (o primeiro a ser descrito no país) e aos existentes na Restinga da Massambaba, no sistema lagunar de Araruama.

Proteger a Lagoa Salgada significa garantir que algumas das possíveis respostas sobre nossas origens mais remotas estarão mantidas a salvo para o futuro. É preservar parte da história da vida na Terra que nos remete a um passado distante, mas que, surpreendentemente, ainda ocorre no presente.

LAGOA SALGADA (A SALTY LAGOON)

Lagoa Salgada is located on the border between the municipalities of Campos dos Goytacazes and São João da Barra. It is a lagoon whose salinity can vary throughout the year between brackish, salty and hypersaline (greater than the salinity of the sea water). Figure 1 indicates its location in the context of the coastal plain of the Paraíba do Sul river delta. The lagoon is inserted between sandy ridges indicating ancient beach lines that were formed by variations in the relative sea level during the last five thousand years and by currents that distribute sediments along the coast. It has been studied by scientists from all over the world due to the occurrence of stromatolites within the lagoon and at its margins.

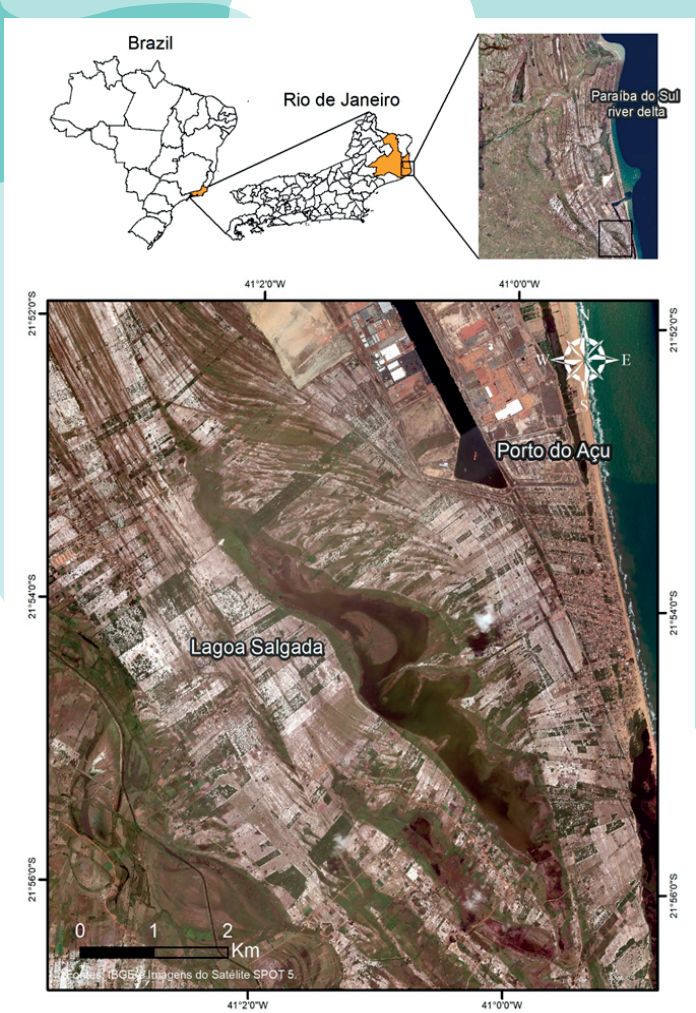


Figure 1: Location Map of Lagoa Salgada.
Adapted from IBGE and Satellite images SPOT 5

WHAT ARE STROMATOLITES?

The name “stromatolite” means “stone carpet”. Stromatolites are laminar constructions produced by the action of microorganisms, and are known as bioconstructions. These organisms remove calcium and CO_2 (carbon dioxide) from water, producing $CaCO_3$ (calcium carbonate). Therefore, the stromatolites are formed by the accumulation of this carbonic material. These microscopic beings metabolize through photosynthesis, that is, they need light to perform this transformation, as shown in Figure 2. In this process they release oxygen into the atmosphere.

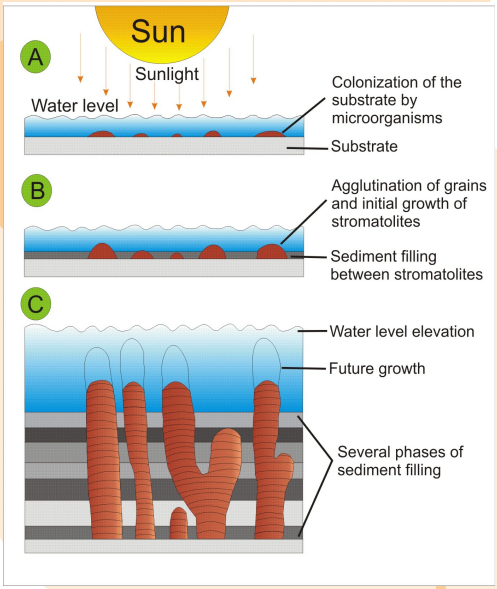


Figure 2: Stromatolite growth process. Adapted from Revista Ciência Hoje, no. 222, page 25

The microorganisms also produce a sticky substance that keeps them glued to the substrate. They also trap grains of minerals and / or animals existing in the environment (Figure 3). It’s important to emphasize that the algae mats (called microbial mats - Figure 4) that we can see all over Lagoa Salgada, correspond to the accumulation of those microorganisms.

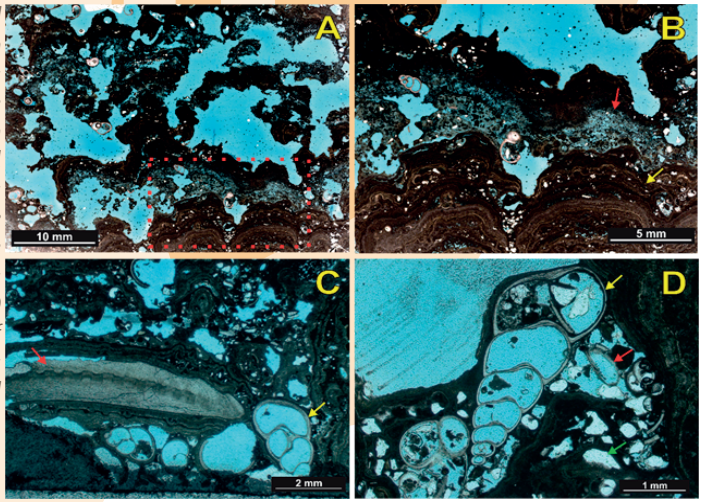


Figure 3: Photographs obtained under a microscope showing different types of stromatolites present in Lagoa Salgada. In the first line laminated structures can be observed, where B is a detail (dotted in red) of A. The arrows show the limits between the laminations. In the second line we can observe the presence of shells and minerals, where D corresponds to a detailed view of C. The yellow and red arrows indicate the presence of shells and the green arrow indicates quartz. Photos by Douglas Rosa da Silva..

Figure 4: A type of microbial mat found in Lagoa Salgada. Photos by Douglas Rosa da Silva

THE IMPORTANCE OF STROMATOLITES

Stromatolites are the oldest macroscopic record of life on Earth. At that time, about 3.5 billion years ago, there was a predominance of cyanobacteria (blue bacteria) in the marine environment. Its metabolism was supported by photosynthesis, releasing the oxygen element which, until then, had been non-existent in the atmosphere of primaeval Earth. The result of this process was the formation of large extensions of stromatolites and an oxygen rich atmosphere.

Therefore, stromatolites that are being formed today, such as those of Lagoa Salgada, are natural laboratories for the study of the origin of life and of the atmosphere on our planet. It is worth mentioning that places like this are extremely rare on Earth and, for this reason, they are objects of study by scientists from around the world.

It is noteworthy that studies by Birgel and other researchers (see references at the end of this booklet) have identified that the stromatolite formation environment of Lagoa Salgada is similar to the environment existing on Earth billions of years ago.

Researchers also associate the stromatolites with the reservoir rocks of the Pre-Salt layers, assigning them additional value, as they may help in the understanding of the origin of the large Brazilian oil deposits.

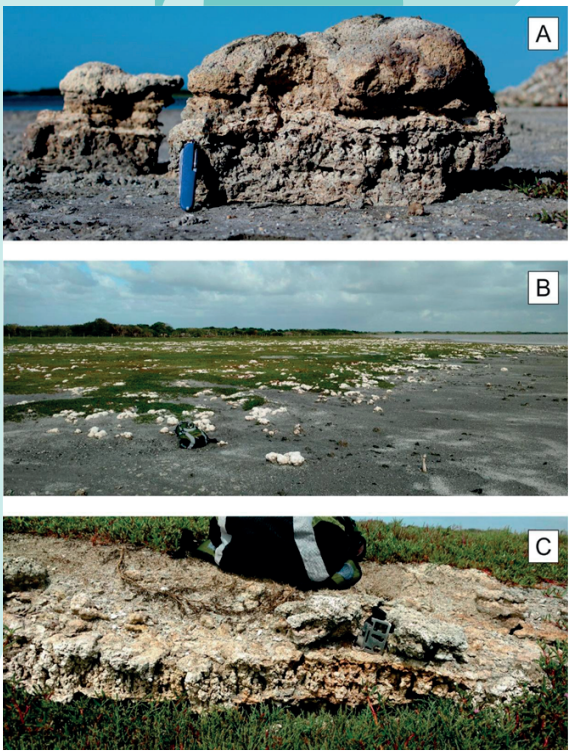


Figure 5: Photos of the three types of stromatolites identified in Lagoa Salgada: (A) Large Domal; (B) Small Domal; and (C) Branched / Columnar (Photos from Douglas Rosa da Silva).

HOW ARE THEY AND HOW OLD ARE THE STROMATOLITES IN LAGOA SALGADA?

Three types of stromatolites can be observed in Lagoa Salgada - Large Domal, Small Domal and Branched or Columnar (Figure 5). For more details, consultation of the bibliography at the end of this booklet is suggested (see Douglas Rosa da Silva, 2018).

In general, stromatolites develop in very specific environments where the salinity, calcium saturation, nutrient supply, temperature, depth and water dynamic are favourable to their development. Changes in these conditions may inhibit their growth. Figure 6 shows that the formation of each stromatolite type identified in Lagoa Salgada can be associated with formation at a specific site in the lagoon.

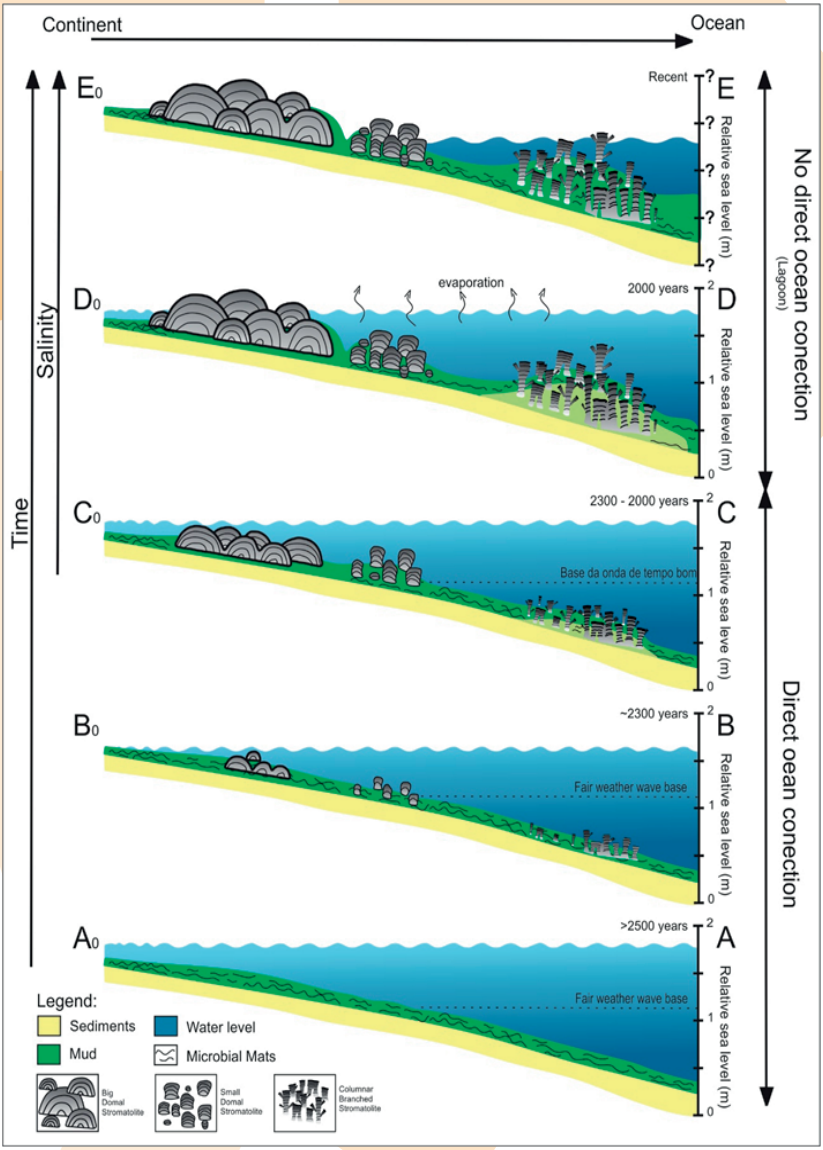


Figure 6: Evolution model of the stromatolites in Lagoa Salgada over time. Image from Douglas Rosa da Silva.

The researcher Anelize Bahniuk, in her PhD Thesis (see reference at the end of this booklet), determined the age of a Large Domal stromatolite of about 20 cm high, sampled in Lagoa Salgada, and identified ages of approximately 2,220 years at the base and 260 years at the top of the studied specimen, showing that it developed over a period of about 2,000 years. The calculated growth rate was 1 cm every 100 years, demonstrating that the process is indeed slow, which makes these bioconstructions highly vulnerable.

Figure 7 shows the distribution of stromatolite types and the microbial mats in Lagoa Salgada.

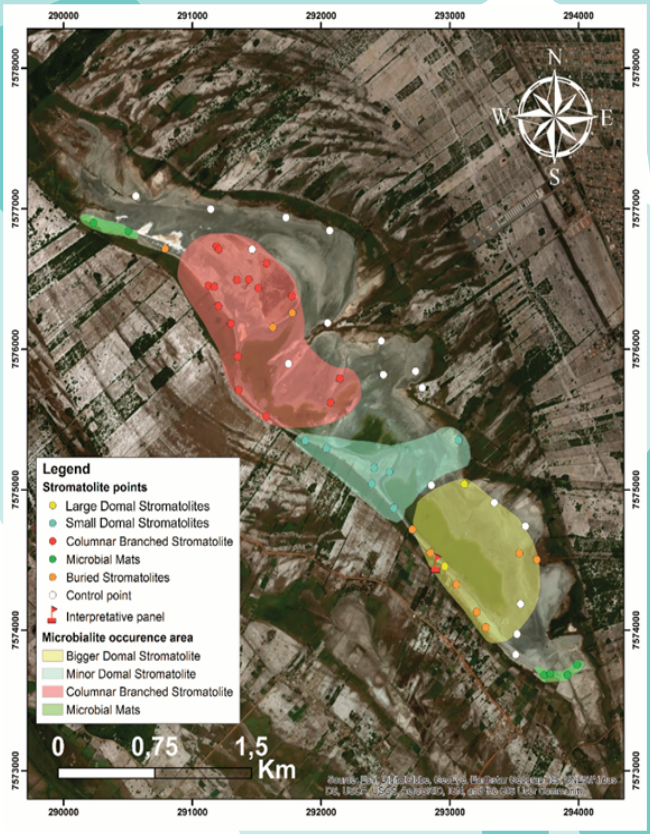


Figure 7: Location of the microbial mats and the stromatolite types in Lagoa Salgada. Figure from Douglas Rosa da Silva.

HOW WAS LAGOA SALGADA FORMED?

Approximately five thousand years ago, the relative sea level rose during a period of warmer climate and flooded the coastal lowlands, forming coves. Later, in a cooler period, the sea level retreated and Lagoa Salgada was closed.

Through the observation of Figures 8 and 9, supported by the satellite image of Figure 10, it is possible to suggest a process for the lagoon formation. By the proposed model, the closure of the lagoon occurred through the accumulation of sandy ridges formed by sediments brought by currents distributing them along the coast.

The isolation of the lagoon provided conditions of salinity and a hydrodynamic enabling the growth of the microorganisms that originated the stromatolites.

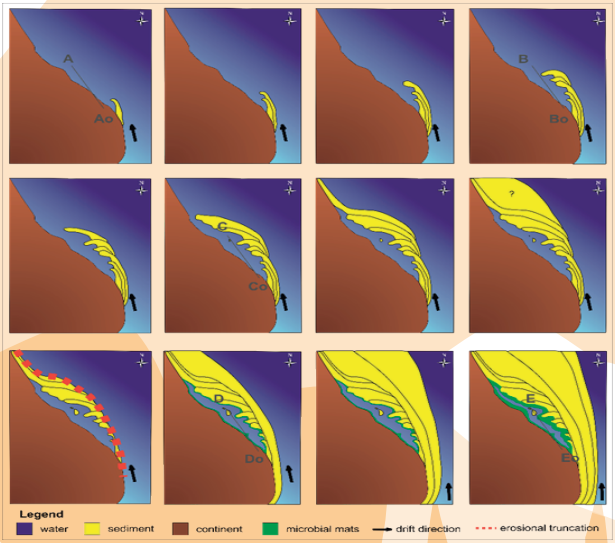


Figure 8: Model of the evolution of Lagoa Salgada. Figure from Douglas Rosa da Silva. Situação geológica como esta pode ser observada em Moray Firth, na Escócia (Figura 9).

THREATS TO THE RARE ECOSYSTEM

Many threats can be observed in the region, creating the possibility of damage to the ecosystem of Lagoa Salgada:

a) The salinity of the lagoon is often altered by the entrance of sea water or fresh water. Its water can occasionally be classified as brackish, which is not conducive to the development of stromatolites.

b) In the surroundings there is breeding of animals that trample the stromatolites, displacing them from their original position.

c) Stromatolites have been ripped out to construct fences that divide the properties.

d) Only a part of the Lagoa Salgada is located inside the Lagoa de Açu State Park – PELAG, so all the mapped occurrences of Columnar / Branched stromatolite are unprotected (Figure 10).

Therefore, it is important that measures be taken to avoid the remobilization of stromatolites and changes in water quality, moreover, it is essential to include the entire extension of the lagoon in the PELAG.

Figure 9 - Sandy ridges in Moray Firth, Scotland. We suggest that a similar situation occurred during the closure of the Lagoa Salgada. Photo: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d8/Moray_Firth%2C_Scotland%2C_13_April_2011_-_Flickr_-_PhillipC.jpg

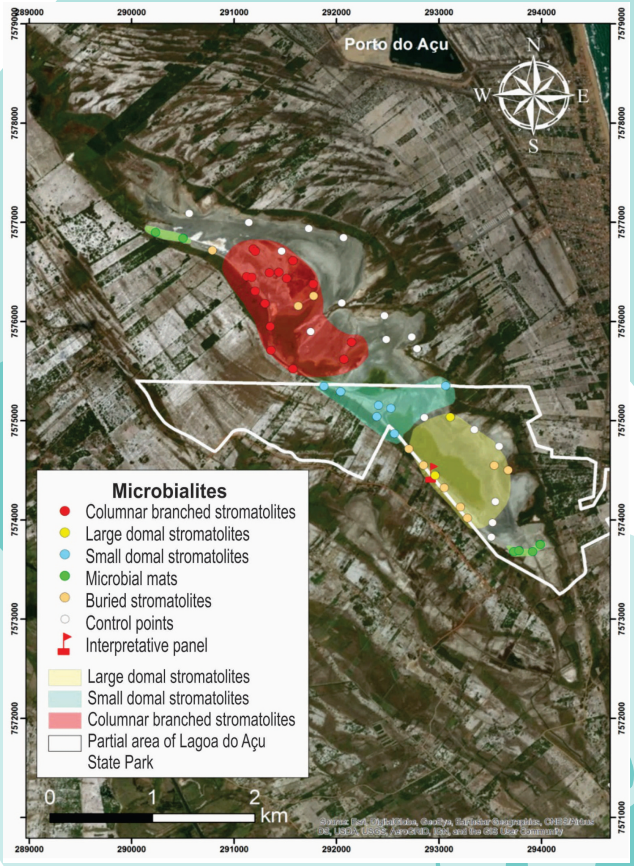


Figure 10: Location of the microbial constructions in Lagoa Salgada. The limits of the Lagoa do Açu State Park are indicated (white line). Map from Douglas Rosa da Silva.

Lagoa Salgada is a rare ecosystem with world relevance. It has the potential to receive scientific, educational and tourist excursions. It is a relevant geological heritage, whose existence in Brazil is restricted to this site (the first to be described in the country) and to those existing in the Restinga of Massambaba, in the lagoonal system of Araruama.

Protecting Lagoa Salgada means ensuring that some of the possible answers about our most remote origins will be kept safe for future scientific discoveries. It also means preserving part of the present history of life on Earth, a history which, surprisingly, takes us back to the distant past.

Referências / References

Bahniuk, A.M.R. 2013. Coupling Organic and Inorganic Methods to Study Growth and Diagenesis of Modern Microbial Carbonates, Rio de Janeiro State, Brazil: Implications for Interpreting Ancient Microbialite Facies Development. PhD Thesis. ETH Zurich, 161p.

Birgel, D.; Meister, P.; Lundberg, R.; Horath, T.D.; Bontognali, T.R.R.; Bahniuk, A.M.; Rezende, C.E.; Vasconcelos C.; Mckenzie, J.A. 2015. Methanogenesis produces strong 13C enrichment in stromatolites of Lagoa Salgada, Brazil: a modern analogue for Palaeo-/Neoproterozoic stromatolites? Geobiology, 13, 245-266.

Silva, D.R. 2018. Mapeamento e caracterização dos estromatólitos presentes na Lagoa Salgada: passo estratégico para sua Geoconservação. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 129p.

Silva, D.R.; Mansur, K.L.; Almeida, L.F.B. 2018. Evaluation of the scientific value of Lagoa Salgada (Rio de Janeiro, Brazil): characterization as geological heritage, threats and strategies for geoconservation. Journal of the Geological Survey of Brazil., 1, 69-80.