



Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras

Monografia para obtenção do grau de Licenciatura em Química Marinha

**Avaliação do pH e da matéria inorgânica no solo do mangal da área de reflorestamento do Icídua no estuário dos Bons Sinais-Quelimane.**



**Autor:**

Salvador Domingos Zeca



Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras

Monografia para obtenção do grau de Licenciatura em Química Marinha

**Avaliação do pH e da matéria inorgânica no solo do mangal da área de reflorestamento de Icídua no estuário dos Bons Sinais-Quelimane.**

**Autor:**

---

Salvador Domingos Zeca

**Supervisor:**

---

**Msc:** Jeremias Joaquim Mocuba

**Co-Supervisora:**

**Msc:** Inocência António Paulo

Quelimane, Novembro de 2017

## **Dedicatória**

Dedico este trabalho:

- ❖ Aos meus pais: Domingos Zeca Salar e Alda Deco Deco Vilanculo que sempre incentivaram e apoiaram os meus estudos.
- ❖ Aos meus irmãos: Sabina Domingos Zeca, Ronaldo Domingos Zeca, Artur Domingos Zeca e Cecília Domingos Zeca que sempre acreditaram na minha formação, oferecendo-me a nobreza, força, coragem e conselhos.
- ❖ Aos meus tios que nunca deixaram de acreditar que eu fosse capaz de alcançar meus objectivos.
- ❖ Também dedico este trabalho a todos meus primos, pois ajudaram-me bastante nesta longa caminhada.

## **Agradecimentos**

Agradeço em primeiro lugar à Deus por ter-me assegurado durante todo o percurso do curso, em seguida vão os meus agradecimentos à toda minha família, em especial o meu pai Domingos Zeca Salar e a minha mãe Alda Deco Deco Vilanculo, pois estiveram sempre presente na minha educação, torcendo pelo meu sucesso e progresso.

Agradecer ao projecto da USAID sobre “Restauração de Infra-Estrutura Verde-Mangal, em Quelimane”, pelo financiamento feito para realização do presente trabalho.

A sincera e imensurável gratidão vai para meu supervisor Msc. Jeremias Joaquim Mocuba por toda atenção prestada, críticas construtivas e prontidão na transmissão dos seus conhecimentos durante toda a execução do presente trabalho. O meu muito obrigado vai para a Msc. Inocência António Paulo (co-supervisora) pela ajuda que deu me, partindo do início até ao fim do percurso estudantil até na execução do presente trabalho, e a todo restante corpo docente da ESCMC.

Vão os agradecimentos a todos estudantes ingressados em 2014, em particular os de curso de Química Marinha: Abacar, Algi, Amichande, Assane, Atália, Celência, Félix Sodasse, Fernando, Jacinto, Jesimiro, Joice, Mário, Marla, Neusia, Orlando jamisse, Quembo, Ricardo, Samuel, Vânia e Vânio

Um agradecimento muito especial endereço para minha namorada Tânia Carlos Bila pela atenção, carinho, bons conselhos, paciência prestada durante a minha longa caminhada.

Endereço também os meus agradecimentos para os meus amigos e colegas Roque Tivane, Nelson Moisés, Jorge Macucule, Deolinda Chaúque, Óscar Muabsa, Gentil Mabote, Idelson Matsinhe, Hélder Matsinhe, Lemos Alex, Nelson Nhachale, Januario francisco, Fanuel Ngotine, Gine Jovo, Albano Sipanela, Kátia Matucanduva, Orlando Macicame, Ricardo Mapulende, Momedede, Guta, Timba, Deuclesio, Matola, Flávio, Sérgio, Oldim, Erasnes, Alberto, Tembe, Balbina, Cláudia, S. chichava, O. Mazivila e outros que não pude citar, pois sempre todos caminharam comigo na batalha do curso e juntos partilhamos os conhecimentos, experiência, frustrações e conquistas.

À Universidade Eduardo Mondlane pela bolsa de estudo concebida durante o período da realização do curso que foi muito benéfica em aspectos como: materiais, alojamento, cópias, e outros que foram pertinentes a intervenção do subsídio da bolsa. E por fim agradeço a todos que directa e indirectamente contribuíram para o sucesso da minha formação.

### **Declaração de honra**

Declaro por minha honra que o presente trabalho é da minha autoria e resulta da investigação por mim realizada, com base em material a que ao longo do mesmo foi referenciado. É de referir que as ideias contidas nele são de inteira responsabilidade do autor.

Quelimane, Novembro de 2017

---

(Salvador Domingos Zeca)

## Resumo

Mangal é um ecossistema costeiro, encontrado nas regiões tropicais e subtropicais, serve como barreira de algumas comunidades costeiras protegendo-lhes contra erosão, ciclones entre outros fenómenos naturais. As plantas de mangal dependem de pH, nutrientes inorgânicos e outros parâmetros contidos no solo para o seu crescimento e desenvolvimento. O presente estudo foi realizado no bairro do Icídua no distrito de Quelimane para investigar o pH e a matéria inorgânica no solo do mangal da área de reflorestamento, no estuário dos Bons Sinais. Foi realizado em duas saídas: 1ª saída: 15 de Maio de 2016 e 2ª saída: 09 de Outubro de 2016, todas na maré viva. O solo foi colectado à uma profundidade de 50 cm usando um testemunho do solo. O método para obtenção de amostras de água consistiu em pesar 10 gramas de solo e dissolver em 100 mL de água destilada. O pH foi determinado por um PH-metro do campo de marca HANNA HI83141 e a matéria inorgânica foi determinada por um fotómetro portátil (MultiDirect\_7). Após as determinações de pH e matéria inorgânica foi considerado o factor de diluição. O pH teve um valor máximo de  $6\pm 0$  nas zonas proximal, intermédia e longínqua “A”; os valores diminuíram com a profundidade à excepção da zona longínqua “B” que não houve variações ao longo da profundidade. As concentrações de amónia foram máximas na zona longínqua “B” com  $413\pm 274$  mg/L, e na mesma zona longínqua “B” diminuíram ao longo da profundidade. O nitrato teve uma concentração máxima de  $1160\pm 379$  mg/L na zona longínqua “A”; na zona intermédia as concentrações aumentaram com o fundo sedimentar. A maior concentração de fosfato de  $157\pm 135$  mg/L foi encontrada na zona intermédia, as concentrações decresceram com a profundidade na zona intermédia e longínqua “A”. E a maior concentração de silicato foi de  $137\pm 9$  mg/L na zona longínqua “A”, e quanto a profundidade do solo as concentrações na zona proximal e zona longínqua “B” aumentaram da superfície para o fundo. O estudo concluiu que os valores de pH e das concentrações de nutrientes inorgânicos foram adequados para o crescimento e desenvolvimento do mangal.

**Palavras-chave:** Mangal, Solo, Água Intersticial, pH e Matéria Inorgânica.

## **Abstract**

Mangrove is a coastal ecosystem, found in tropical and subtropical regions, serving as a barrier for some coastal communities protecting them from erosion, cyclones and other natural phenomena. Mangrove plants depend on pH, inorganic nutrients and other parameters contained in the soil for their growth and development. The present study was carried out in the district of Icídua in the district of Quelimane to investigate pH and inorganic matter in the mangrove soil of the reforestation area in the Bons Sinais estuary. It was carried out in two exits: 1st exit: May 15, 2016 and 2nd exit: October 09, 2016, all in the living tide. The soil was collected at a depth of 50 cm using a soil titer. The method for obtaining water samples consisted of weighing 10 grams of soil and dissolving in 100 ml of distilled water. The pH was determined by a PH-meter of the HANNA HI83141 brand field and the inorganic matter was determined by a portable photometer (MultiDirect\_7). After the determinations of pH and inorganic matter, the dilution factor was considered. The pH had a maximum value of  $6 \pm 0$  in the proximal, intermediate and distal zones "A", the values decreased with the bottom and with the exception of the zone "B" that remained. Ammonia concentrations were highest in the "B" distant zone with  $413 \pm 274$  mg/L, in the distant zone "B" decreased along the depth. The nitrate had a maximum concentration of  $1160 \pm 379$  mg/L in the distant zone "A", in the intermediate zone the concentrations increased with the sedimentary bottom. The highest phosphate concentration of  $157 \pm 135$  mg/L was found in the intermediate zone, the concentrations decreased with the depth in the intermediate zone and distant zone "A". And the highest silicate concentration was  $137 \pm 9$  mg/L in the distant zone "A", and in the soil depth the concentrations in the proximal zone and the "B" zone increased from the surface to the bottom. The study concluded that pH values and inorganic nutrient concentrations were adequate for mangrove growth and development.

**Key - words:** Mangrove, Soil, Interstitial Water, pH and Inorganic Matter.

**Figura 1** - Esquema do ciclo do nitrogénio em ecossistemas aquáticos, com indicação dos principais processos biológicos e as zonas (óxica/subóxica/anóxica) onde ocorrem. O estado de oxidação do Nitrogénio é indicado entre parêntesis. Fonte: (Noaa, 2012).....7

**Figura 2** – Ciclo de nutrientes da serapilheira do mangal.....9

**Figura 3** - Localização geográfica da área de estudo – Área de reflorestamento do mangal (Icídua) no estuário dos Bons Sinais.....12

**Figura 4** - Representação dum testemunho de solo na imagem A e do solo retido no testemunho na imagem B.....13

**Figura 5** - Gráfico de correlação entre amónio ( $\text{NH}_4^+$ ) com nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) nas águas intersticiais do solo do mangal.....20



<b>Tabela 1</b> - Media $\pm$ desvio-padrão dos valores de pH nas águas intersticiais do solo do mangal de Icídua, estuário dos Bons Sinais-Quelimane.....	16
<b>Tabela 2</b> - Media $\pm$ desvio-padrão dos valores de amónio ( $\text{NH}_4^+$ ) em mg/L nas águas intersticiais do solo do mangal de Icídua, estuário dos Bons Sinais-Quelimane.....	17
<b>Tabela 3</b> - Media $\pm$ desvio-padrão dos valores de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) em mg/L nas águas intersticiais do solo do mangal de Icídua, estuário dos Bons Sinais-Quelimane.....	18
<b>Tabela 4</b> - Media $\pm$ desvio-padrão dos valores de fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) em mg/L nas águas intersticiais do solo do mangal de Icídua, estuário dos Bons Sinais-Quelimane.....	18
<b>Tabela 5</b> - Valores de silicato ( $\text{SiO}_2$ ) em mg/L nas águas intersticiais do solo do mangal de Icídua, estuário dos Bons Sinais-Quelimane.....	19
<b>Tabela 6</b> - Valores de pH para águas intersticiais de sedimentos de mangal em diferentes sistemas estuarinos.....	22
<b>Tabela 7</b> - Valores de amónio ( $\text{NH}_4^+$ ) em mg/L para águas intersticiais de sedimentos de mangal em diferentes sistemas estuarinos.....	23
<b>Tabela 8</b> - Valor de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) em mg/L para águas intersticiais de sedimentos de mangal em diferentes sistemas estuarinos.....	24
<b>Tabela 9</b> - Valor de fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) em mg/L para águas intersticiais de sedimentos de mangal em diferentes sistemas estuarinos.....	26
<b>Tabela 10</b> - Valor de silicato ( $\text{SiO}_2$ ) em mg/L para águas intersticiais de sedimentos de mangal em diferentes sistemas estuarinos.....	27

## Nomenclatura

<b>Abreviatura</b>	<b>Significado</b>
%	Por cento
‰	Partes por mil
Cm	Centímetro
F	Fundo
Fig.	Figura
g	Gramma
M	Meio
mg/L	Miligramma por Litro
mL	Mililitro
mm	Milímetro
MO	Matéria Orgânica
n.d	Não detectado
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Amónio
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrato
°C	Graus Celcius
P	Perfil
pH	Potencial Hidrogeniónico
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Fosfato
Prof.	Profundidade
S	Superfície
SiO <sub>2</sub>	Silicato

<b>Índice</b>	<b>Página</b>
1. Introdução.....	1
1.1. Problematização e Justificativa .....	2
1.2. Objectivos.....	3
1.2.1. Geral.....	3
1.2.2. Específicos .....	3
2. Revisão de literatura .....	4
2.1. Solos das florestas dos mangais .....	4
2.2. Parâmetros ambientais do solo do mangal .....	4
2.2.1. Potencial Hidrogeniónico (pH) .....	4
2.2.2. Salinidade e adaptações da flora do mangal.....	5
2.2.3. Temperatura .....	6
2.2.4. Espécies nitrogenadas (amónio (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) e nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )).....	6
2.2.5. Fosfato (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ).....	7
2.2.6. Silicato (SiO <sub>2</sub> ) .....	8
2.3. Ciclagem de nutrientes no mangal .....	9
3. Metodologia .....	11
3.1. Área de estudo .....	11
3.2. Instrumentos e procedimentos.....	13
3.2.1. Trabalho de campo .....	13
3.2.2. Trabalho laboratorial.....	14
3.2.2.1. Tratamento das amostras das águas intersticiais .....	14

4. Resultados .....	16
4.1. Parâmetros ambientais nas águas intersticiais do solo do mangal. ....	16
4.1.1. pH nas águas intersticiais do solo do mangal. ....	16
4.1.2. Amónio ( $\text{NH}_4^+$ ) nas águas intersticiais do solo do mangal. ....	17
4.1.3. Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) nas águas intersticiais do solo do mangal. ....	17
4.1.4. Fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) nas águas intersticiais do solo do mangal. ....	18
4.1.5. Silicato ( $\text{SiO}_2$ ) nas águas intersticiais do solo do mangal. ....	19
4.2. Correlação entre parâmetros amónio ( $\text{NH}_4^+$ ) com nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) nas águas intersticiais do solo do mangal. ....	20
5. Discussão .....	21
5.1. Parâmetros ambientais nas águas intersticiais do solo do mangal. ....	21
5.1.1. pH nas águas intersticiais do solo do mangal. ....	21
5.1.2. Amónio ( $\text{NH}_4^+$ ) nas águas intersticiais do solo do mangal. ....	22
5.1.3. Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) nas águas intersticiais do solo do mangal. ....	24
5.1.4. Fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) nas águas intersticiais do solo do mangal. ....	25
5.1.5. Silicato ( $\text{SiO}_2$ ) nas águas intersticiais do solo do mangal. ....	26
5.2. Correlação entre parâmetros amónio ( $\text{NH}_4^+$ ) com nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) nas águas intersticiais do solo do mangal. ....	27
6. Conclusões .....	29
7. Recomendações .....	30
8. Referências bibliográficas .....	31
9. Anexos .....	37

## 1. Introdução

Mangal é um ecossistema costeiro, de transição entre os ambientes terrestre e marinho, característico de regiões tropicais e subtropicais, sujeito ao regime das marés nas regiões costeiras abrigadas e apresenta condições propícias para alimentação, protecção e reprodução de muitas espécies animais, sendo considerado importante transformador de nutrientes em matéria orgânica, inorgânica e gerador de bens de serviços (Schaeffer-Novelli, 1995). É constituído de espécies vegetais lenhosas típicas (angiospermas), além de micro e macroalgas, adaptadas à flutuação de salinidade e caracterizadas por colonizarem sedimentos predominantemente lodosos, com baixos teores de oxigénio (Schaeffer-Novelli, 1995).

A província da Zambézia possui uma área de 155.757 hectares de florestas de mangal, representada por 8 espécies nomeadamente *Rhizophora mucronata*, *Ceriops tagal*, *Avicennia marina*, *Brugueira symnorhiza*, *Sonneratia alba*, *Heritiera litoralis*, *Lumnitzera racenosa* e *Xyloarpus granatum*, das quais as mais abundantes são *Rhizophora mucronata*, *Ceriops tagal* e *Avicennia marina* (Saket e Matusse, 1994). Área que nos últimos 20 anos tem vindo a registar uma grande perda devido ao elevado índice de desmatamento, facto que acelera a sua destruição, causada pelo crescente aumento da população e as inúmeras dificuldades económicas que se fazem sentir no seio da população (Saket e Matusse, 1994).

Os mangais desempenham um papel importante na protecção das vidas e propriedades das comunidades costeiras dado que agem como barreiras naturais contra tempestades e ciclones (Badola e Hussain, 2005). Vários estudos têm fornecido evidências para isso, por exemplo, se os mangais não tivessem sido removidos no Bangladesh antes das inundações, durante a década de 1970, teriam havido menos mortes (Moberg e Romnback, 2003). Gilman *et al.*, (2006) também sugere que a redução de mangais ou degradação destes afecta seu papel de luta contra os riscos costeiros, como erosão, inundações, ondas de tempestades e tsunamis.

Ao longo dos séculos, a actividade antrópica vem causando a degradação dos ecossistemas. Por causa dessa degradação, estamos passando por vários problemas ambientais, entre eles o aquecimento global. Diante dessa situação, a restauração de áreas degradadas se torna cada vez necessária para diminuir os efeitos negativos da destruição dos ambientes naturais (Kageyama *et al.*, 2003). Com a crescente conscientização das pessoas para a necessidade da conservação dos recursos naturais, a pesquisa científica e os projectos de restauração tem tido um grande avanço

Avaliação do pH e da matéria inorgânica no solo do mangal da área de reflorestamento de Icídua no estuário dos Bons Sinais-Quelimane.

(Martins, 2007). Mas ainda é necessária mais pesquisa, não só no que tange a restauração, mas em todos os campos da ciência, para que se atinja um resultado satisfatório a nível global (Soares, n.d).

Muitos estudos em mangais têm destacado a limitação do crescimento das espécies vegetais associada à deficiência de N e P, induzida pelos diferentes graus de salinidade e processos de oxidação e redução (Reef *et al.*, 2010). Os níveis nutricionais do solo são identificados como um dos grandes factores limitantes da composição florística e da distribuição de plantas de mangal (Nickerson e Thibodeau, 1985) e que as propriedades físicas e químicas do solo podem reflectir-se nas concentrações dos nutrientes foliares (Vitousek e Sanford, 1986).

As espécies de mangal podem apresentar altas taxas de crescimento quando localizadas em solos com características específicas, sem limitações nutricionais (Reef *et al.*, 2010). Nutrientes requeridos em diferentes proporções de acordo com sua importância e participação nos processos celulares, são essenciais para o desenvolvimento das plantas (Schmidt, 1988).

Os nutrientes são um dos componentes ambientais de maior influência no crescimento de plantas sendo que a constituição físico-química do ambiente é um dos principais factores limitantes da produção primária (Charley e Richards, 1983). Visto que o projecto de reflorestamento de mangal no Icídua tem mostrado resultados pouco favoráveis, o presente estudo tenciona investigar estudos sobre o solo.

### **1.1. Problematização e Justificativa**

As plantas do mangal (*Avicennia marina*) reflorestadas no bairro do Icídua, em Quelimane não sobrevivem adequadamente durante o replantio, não crescem conforme deve ser, elas estão sujeitas a mortes naturais. Entretanto, o presente trabalho sobre avaliação do pH da matéria inorgânica no solo do mangal da área de reflorestamento do Icídua no estuário dos Bons Sinais-Quelimane, ajudará a identificar a situação real da acidez ou basicidade e das concentrações de nutrientes existentes no solo de modo a auxiliar na tomada de medidas para melhoramento do reflorestamento, para permitir um bom nível de crescimento e desenvolvimento das plantas, visto que pH e nutrientes inorgânicos são factores limitantes para o crescimento e desenvolvimento das plantas de mangal.

Avaliação do pH e da matéria inorgânica no solo do mangal da área de reflorestamento de Icídua no estuário dos Bons Sinais-Quelimane.

## **1.2. Objectivos**

### **1.2.1. Geral**

- ✓ Avaliar o pH e a matéria inorgânica no solo do mangal da área de reflorestamento do Icídua no estuário dos Bons Sinais-Quelimane.

### **1.2.2. Específicos**

- ✓ Determinar o pH da água intersticial do mangal da área de reflorestamento do Icídua.
- ✓ Determinar as concentrações de matéria inorgânica (Amónio ( $\text{NH}_4^+$ ), Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), Fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) e Silicato ( $\text{SiO}_2$ )) da água intersticial do mangal da área de reflorestamento do Icídua.
- ✓ Analisar a variação do pH e da matéria inorgânica com o perfil vertical do solo do mangal da área de reflorestamento do Icídua.

## **2. Revisão de literatura**

### **2.1. Solos das florestas dos mangais**

Os solos de mangais são tipicamente salinos, anóxicos, ácidos e alagados (Davis, *et al.* 2003), ricos em matéria orgânica (Suguió, 1998) e em nutrientes. Nos mangais os solos são formados pela deposição de sedimentos de partículas orgânicas e inorgânicas de origens terrestre e marinha (Gameiro *et al.*, 2004). A textura desses solos é variável, desde arenosa até argilosa (Passos, 2015). A determinação da textura do solo irá depender da sua localização. Solos localizados nos compartimentos mais protegidos do litoral apresentam predomínio de partículas finas (silte e argila), enquanto a textura arenosa é encontrada em locais sobre influência das ondas do mar (Souza-Junior *et al.*, 2007). No geral, esses solos têm uma cor acinzentada (Gameiro *et al.*, 2004), escura e mole (Ferreira, 2009).

A disponibilidade de nutrientes para a produção de mangal é controlada pela variedade de factores bióticos e abióticos, tais como inundação de marés, elevação da estrutura da maré, tipo de solo, estado redox e actividades de solos, espécies de plantas (Reef *et al.*, 2010) e decomposição de material vegetativo de mangal (Lee, 1995).

### **2.2. Parâmetros ambientais do solo do mangal.**

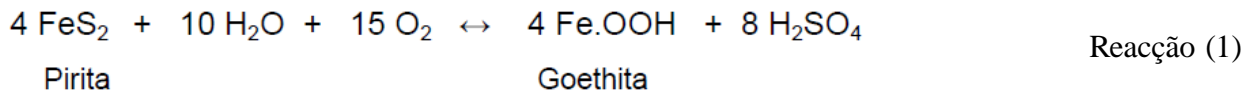
#### **2.2.1. Potencial Hidrogeniónico (pH)**

O pH representa a actividade dos iões hidrónios livres na água, resultante inicialmente da dissociação da própria molécula da água e, posteriormente, acrescida pelo hidrogénio proveniente de outras fontes naturais e/ou antrópicas (Pereira, 2006). O pH possui ligação com as propriedades corrosivas da água. Quanto mais baixo mais corrosiva será a água. A maioria das águas possui um pH entre 5,5 e 8,0. Um pH muito baixo pode estar relacionado a descarga de águas ácidas a partir de regiões mineiras (carvão, sulfetos) ou a resíduos líquidos de determinadas indústrias (Pereira, 2006).



Avaliação do pH e da matéria inorgânica no solo do mangal da área de reflorestamento de Icídua no estuário dos Bons Sinais-Quelimane.

O pH do solo é um importante parâmetro controlador do estado químico de oxirredução e da mobilidade de muitos elementos. Os regimes de maré frequentemente afectam a química dos solos, porque durante as marés baixas o solo superficial resseca e o oxigénio penetra para regiões mais profundas desse solo, favorecendo a oxidação da pirita, conduzindo a um aumento da acidez do solo. Uma reacção desse tipo pode ser representada:



De outra forma a acidez dos solos resulta da decomposição lenta ou microbiana da liteira do mangal. A hidrólise dos taninos em plantas de mangais e a deterioração da matéria orgânica liberam vários ácidos orgânicos (Lacerda *et al.*, 1995).

O teor de MO no solo influencia nos valores do pH do solo, pois na decomposição da MO ocorre liberação de CO<sub>2</sub>, o qual reage com molécula de água (H<sub>2</sub>O) havendo formação do ácido carbónico, que se dissocia em iões H<sup>+</sup> e HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, promovendo a acidificação do meio e a consequente diminuição dos valores de pH do solo (Ponnamperuma, 1972).

### 2.2.2. Salinidade e adaptações da flora do mangal

A acção diária das marés é o principal mecanismo de penetração das águas salinas nos mangais. Através de adaptações fisiológicas, os mangais são capazes de viver em severos ambientes salinos. Essa vegetação ocorre onde a salinidade do solo pode variar entre 60 – 65 ‰, em alguns casos, essa salinidade pode chegar até 90 ‰. A salinidade efectivamente limita a concorrência de outras plantas no mangal, devido à adaptação dos mangais em excretar o sal por glândulas adaptadas, permitindo a sua sobrevivência nesses ambientes (Chen *et al.*, 2013).

Quanto à tolerância ao sal pelas plantas, o género *Rhizophora*, é menos tolerante (desenvolvendo-se melhor em locais onde há 50 ‰), sendo *Avicennia* mais tolerante (conseguindo sobreviver em locais onde as águas intersticiais chegam a conter 65 a 90 ‰) e *Laguncularia* com tolerância intermediária (Fernandes e Peria, 1995).

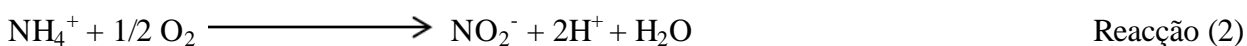
### 2.2.3. Temperatura

As condições ambientais ideais para o desenvolvimento do ecossistema do mangal incluem, principalmente, a variação de temperatura e a pluviosidade. Com relação à temperatura, são necessárias temperaturas com médias anuais acima de 20° C e mínimas superiores a 15° C, devendo a amplitude térmica ao longo do ano variar em torno de 5° C. A pluviosidade, que é representada pela quantidade da precipitação de chuvas, deve ser acima de 1.500 mm/ano e sem períodos de seca prolongados (<https://sites.google.com/site/comunidadesbentonicas/vc-acha-isso-mesmo>).

### 2.2.4. Espécies nitrogenadas (amónio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) e nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)).

A mineralização é o processo pelo qual o nitrogénio orgânico é convertido em nitrogénio mineral ou inorgânico (Hutchison e Walworth, 2007). Nas águas marinhas e continentais a forma predominante do nitrogénio amoniacal é a do ião NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (NH<sub>3</sub> + HOH ↔ NH<sub>4</sub><sup>+</sup> + OH<sup>-</sup>). Como a forma NH<sub>3</sub> é a mais tóxica para as plantas, as concentrações de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> podem se elevar sem que sua toxicidade seja muito crítica, se o pH e a temperatura permanecerem dentro de certos limites (Melo, 1998).

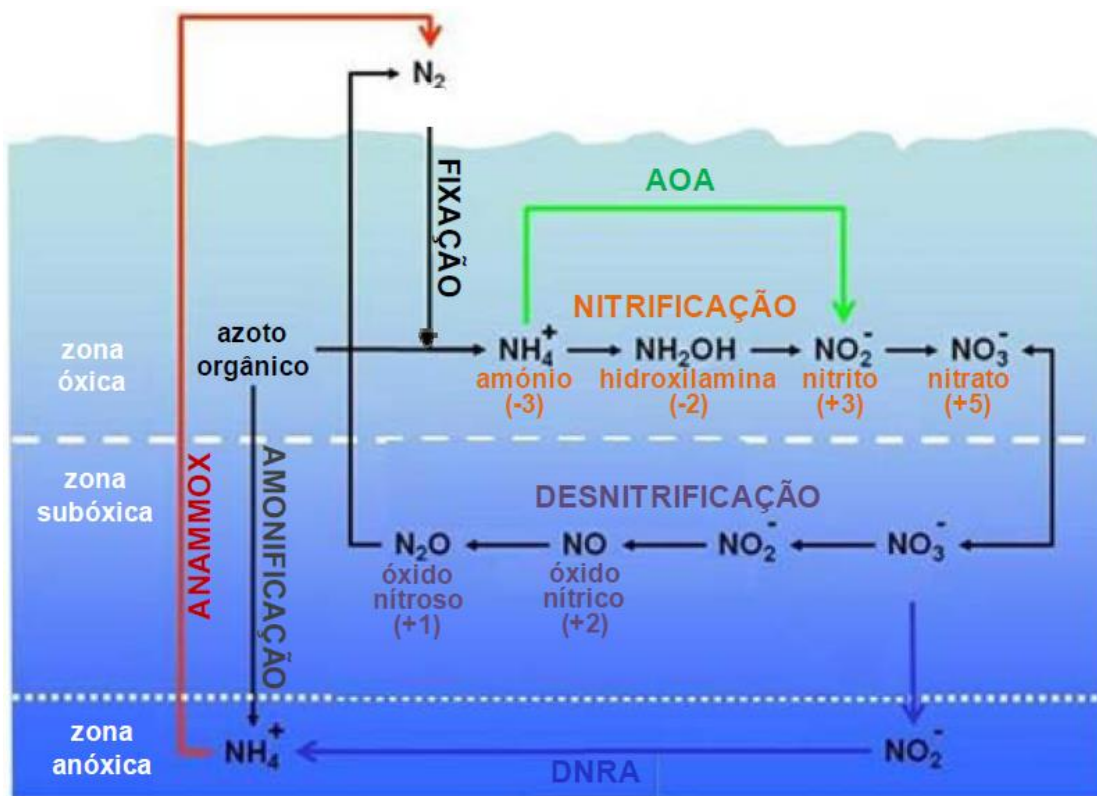
Na mineralização do N ocorrem reacções de amonificação e nitrificação. Na amonificação, compostos orgânicos nitrogenados do solo (aminoácidos, aminoaçúcares, aminopolissacarídeos, ácidos nucleicos entre outros) são transformados por actinobactérias, fungos e diversos grupos de bactérias para produzir NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. A nitrificação é o processo no qual há oxidação de iões amónio para nitrato, que consiste em duas etapas: inicialmente ocorre a oxidação do amónio para nitrito por bactérias autotróficas (Nitrosomonas); e posteriormente ocorre a oxidação do nitrito para nitrato por bactérias Nitrobacter. De acordo com as etapas descritas a seguir (Brandy e Weil, 2012):



O processo contrário da mineralização é a desnitrificação, no qual o nitrato é reduzido para nitrito e amónio ou transformado directamente em nitrogénio molecular ou óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) (Kraft *et al.*, 2011).

Avaliação do pH e da matéria inorgânica no solo do mangal da área de reflorestamento de Icídua no estuário dos Bons Sinais-Quelimane.

Na Fig. 1 Apresenta-se um esquema do ciclo biogeoquímico do nitrogénio, em ecossistemas aquáticos, sendo indicados os principais processos microbiológicos de transformação do nitrogénio que ocorrem nas zonas óxica/subóxica/anóxica (Noaa, 2012).



**Fig. 1** – Esquema do ciclo do nitrogénio em ecossistemas aquáticos, com indicação dos principais processos biológicos e as zonas (óxica/subóxica/anóxica) onde ocorrem. O estado de oxidação do Nitrogénio é indicado entre parêntesis.

**Fonte:** (Noaa, 2012).

### 2.2.5. Fosfato ( $PO_4^{3-}$ )

Os maiores reservatórios de fósforo são as rochas fosfáticas sedimentares formadas em remotas eras geológicas, e a decomposição destas por fenómenos de erosão gradativa liberta fosfatos, os quais entram nos ecossistemas e são ciclados. Grande parte desse fósforo mineral é eliminada por dissolução até os oceanos. Entretanto só uma pequena parte é aproveitada por seres marinhos, e a maioria restante fica praticamente indisponível em sedimentos profundos (Filho, 2009).

Em sistemas aquáticos, fosfatos são encaminhados na forma de fertilizantes, detergentes, anticorrosivos, efluentes domésticos, aditivos, etc. Fazem parte desse ciclo os fosfatos oriundos de ossos de animais mortos e excrementos de aves marinhas. Os fosfatos têm função relevante na

Avaliação do pH e da matéria inorgânica no solo do mangal da área de reflorestamento de Icídua no estuário dos Bons Sinais-Quelimane.

produtividade aquática e na qualidade de águas interiores, devido aos fenómenos de eutrofização que contribui para o excessivo crescimento de algas alterando a troca de matéria e energia entre os compartimentos (litosfera, hidrosfera e atmosfera) com a consequente deterioração dos mananciais (Rocha, 2004).

O fósforo é um dos elementos da matéria orgânica sujeito a ficar retido nos sedimentos estuarinos (Barcellos *et al.*, 2003). Esse elemento ocorre em ambientes da superfície terrestre, principalmente na forma de ortofosfato, sendo um nutriente essencial e imprescindível para a síntese orgânica no ambiente marinho (Barcellos *et al.*, 2003).

O fosfato que se encontra dissolvido no ambiente aquático é consumido pelo fitoplâncton e regenerado por bactérias e outros organismos heterotróficos, que decompõem matéria orgânica, sendo a maior parte dessa regeneração ocorrendo na água. Em ambientes considerados rasos como os lagos, os estuários e as plataformas continentais, os sedimentos também fazem parte de processos de regeneração do fosfato (Fisher *et al.*, 1982; Soundy, 1992).

#### **2.2.6. Silicato ( $\text{SiO}_2$ )**

A concentração nos oceanos é baixa, chegando a cerca de 4,3 mg/L de silício. Em zonas costeiras e em regiões estuarinas, as concentrações são maiores, em média cerca de 646,5 mg/L (Aminot, 1983). O silício não representa um poluente em potencial (Aminot, 1983).

No pH da água do mar (próximo de 8,2), o silício dissolvido encontra-se num percentual de 95% sob a forma de ácido ortosilícico ( $\text{H}_4\text{SiO}_4$ ) e 5% sob a forma ionizada  $\text{H}_3\text{SiO}_4^-$ . Ele tem sua origem, principalmente, no intemperismo de minerais como os silicatos, principalmente os aluminossilicatos (Chester, 1990).

No estuário, cerca de 29 % da sílica dissolvida na água dos rios é removida através de mecanismo biológico. Porém, dentro do próprio estuário, toda a sílica é regenerada e posteriormente lançada novamente dentro da coluna de água. Logo, o fluxo de sílica fora do estuário é virtualmente idêntico ao fluxo fluvial, ou seja, pouca sílica é depositada como sedimento (Chester, 1990).

### 2.3. Ciclagem de nutrientes no mangal

O transporte de matéria orgânica nas florestas de mangal é realizado por processos físicos (acção das marés e das chuvas) e biológicos (queda da serapilheira (Camada de folhas, galhos, etc., de mistura com terra, que cobre o solo da mata) e decomposição da matéria orgânica) que controlam as taxas de importação, exportação e armazenamento de compostos orgânicos e inorgânicos (Pool *et al.*, 1975).

Em ecossistemas florestais, como o mangal, a produção de serapilheira atua na camada superficial do solo, favorecendo a entrada de nutrientes, através dos processos de produção e decomposição de matéria orgânica. Na Fig. 2 Observa-se que a serapilheira é considerada como a principal via de transferência de nutrientes das plantas para o solo da floresta, sendo parte desse processo caracterizado pela disponibilidade de nutrientes remineralizados no solo (Vital *et al.*, 2004).

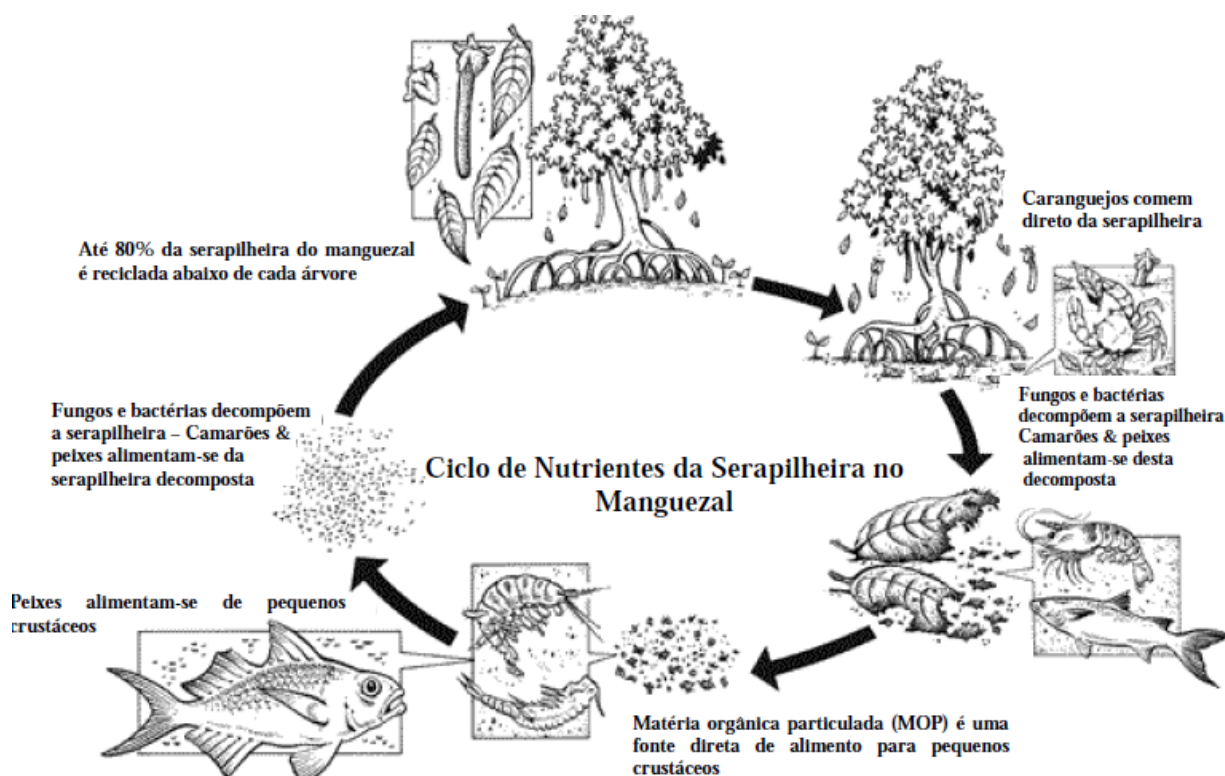


Fig. 2 – Ciclo de nutrientes da serapilheira do mangal. (Fonte: <http://www2.dpi.qld.gov.au/images/13073.GIF>).

A alta taxa de produção da serapilheira representa uma importante entrada de matéria orgânica, a qual pelo processo de decomposição pode representar uma importante fonte de C, N e P nos sistemas aquáticos (Aké-Castillo *et al.*, 2006). Rogers (2002) enfatiza que para entender os processos de ciclagem de nutrientes nesses ecossistemas é necessário analisar a quantificação e a decomposição da serapilheira, bem como os padrões de liberação de nutrientes. Segundo Dias *et al.*

Avaliação do pH e da matéria inorgânica no solo do mangal da área de reflorestamento de Icídua no estuário dos Bons Sinais-Quelimane.

(2002), dessa forma é possível avaliar não só o estoque de nutrientes presentes nos componentes do ciclo biogeoquímico, mas também a disponibilidade e a distribuição temporal dos nutrientes no ecossistema, fonte essencial para a manutenção do crescimento da vegetação em diferentes períodos.

Avaliação do pH e da matéria inorgânica no solo do mangal da área de reflorestamento de Icídua no estuário dos Bons Sinais-Quelimane.

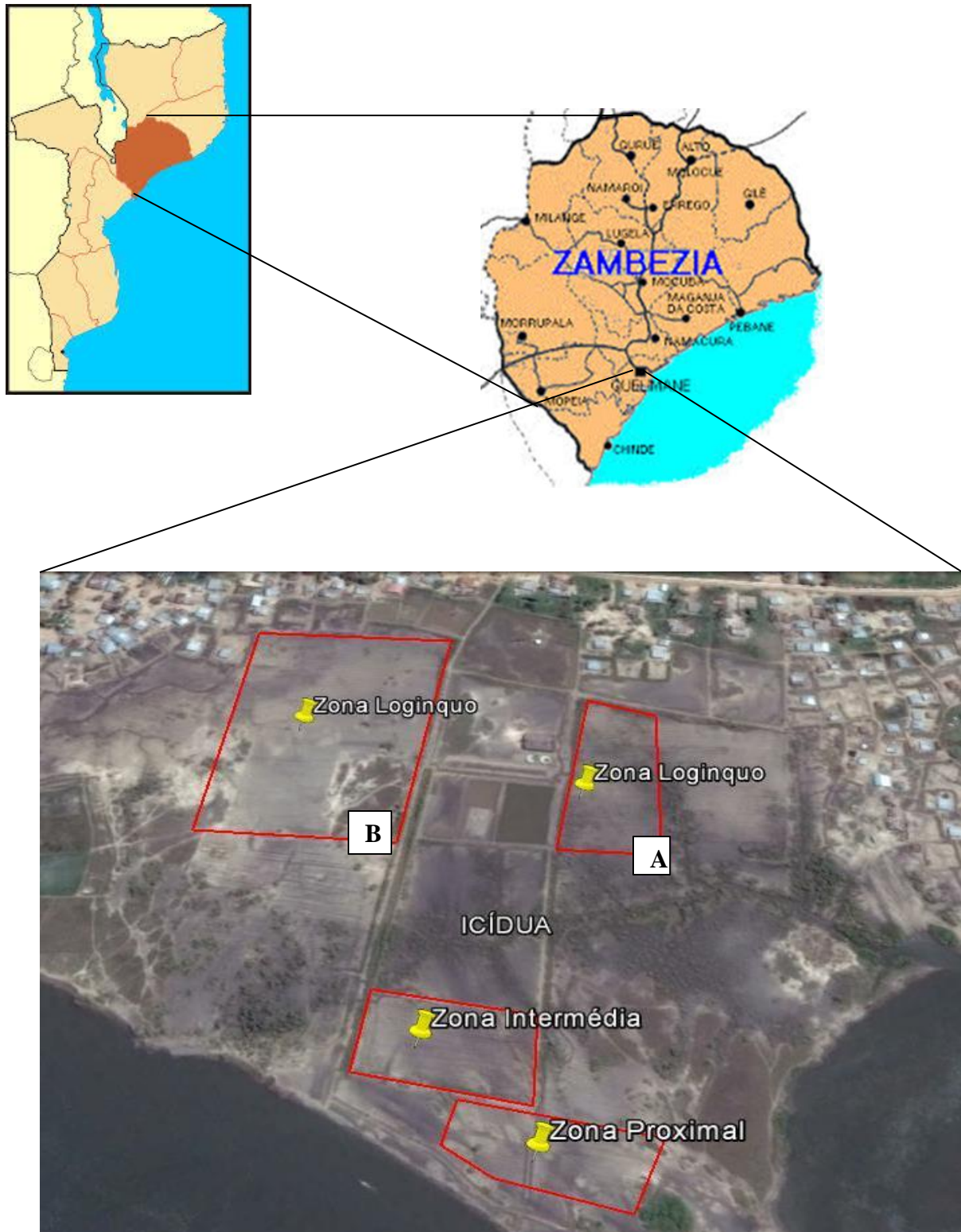
### **3. Metodologia**

#### **3.1. Área de estudo**

A província da Zambézia ocupa uma vasta área de Moçambique entre as latitudes 17°52'16.52" a 17°49'45.38" Sul e longitudes 36°52'22.96" a 37°7'41.84" Este. A área de reflorestamento do mangal (Icídua) encontra-se num dos pontos próximos do estuário dos Bons Sinais que faz parte da elevada biodiversidade estuarina do Banco de Sofala, encontrando-se na região centro de Moçambique, província da Zambézia no distrito de Quelimane, nas latitudes 17°53'30.59" Sul e Longitudes 36°54'28.96" Este. ([www.googlemaps.com.br](http://www.googlemaps.com.br)).

O mangal de Icídua está situado numa região de clima tropical húmido caracterizado por estações chuvosas e secas. A estação chuvosa vai desde Outubro a Março e a seca vai desde Abril a Setembro. A sua hidrodinâmica é determinada, essencialmente, pelas marés, que são caracterizadas como sendo semidiurnas ([www.googlemaps.com.br](http://www.googlemaps.com.br)).

Avaliação do pH e da matéria inorgânica no solo do mangal da área de reflorestamento de Icídua no estuário dos Bons Sinais-Quelimane.



**Fig. 3** - Localização geográfica da área de estudo – Área de reflorestamento do mangal (Icídua) no estuário dos Bons Sinais (Fonte: Google Earth).

As zonas, proximal, intermédia e longínqua foram atribuídas em função da sua distância com o Rio dos Bons-Sinais. Os nomes “Longínquo A e B” foram atribuídos só para diferenciar as zonas uma da outra.



### 3.2. Instrumentos e procedimentos

#### 3.2.1. Trabalho de campo

O presente trabalho foi realizado em duas saídas de campo durante o ano de 2016: 1ª saída: em Maio e 2ª saída: em Outubro. As colectas de amostras foram feitas num local onde foi feito o reflorestamento para diminuição da erosão usando o método de amostragem aleatória em horários em que o solo do mangal esteve exposto para a realização da colecta do sedimento ou solo, isto é, contando sempre com as enchentes ou vazantes das marés vivas. Para a colecta das amostras do solo, foi utilizado um testemunho do solo de 50 cm de comprimento, 5,5 cm de diâmetro e 0,2 cm de espessura. Neste caso perfurou-se o solo até 50 cm de profundidade com auxílio de um martelo.

Sendo perfis ou covas de 50 cm de profundidade, as subamostras de superfície foram extraídas nos primeiros 10 cm, as subamostras de fundo, com os últimos 10 cm (40 a 50 cm) e as subamostras de meio como uma porção do solo nos intervalos de 20-30 cm. As subamostras foram colocadas nos sacos plásticos de polietileno com suas respectivas etiquetas (perfil, subamostra e zona).

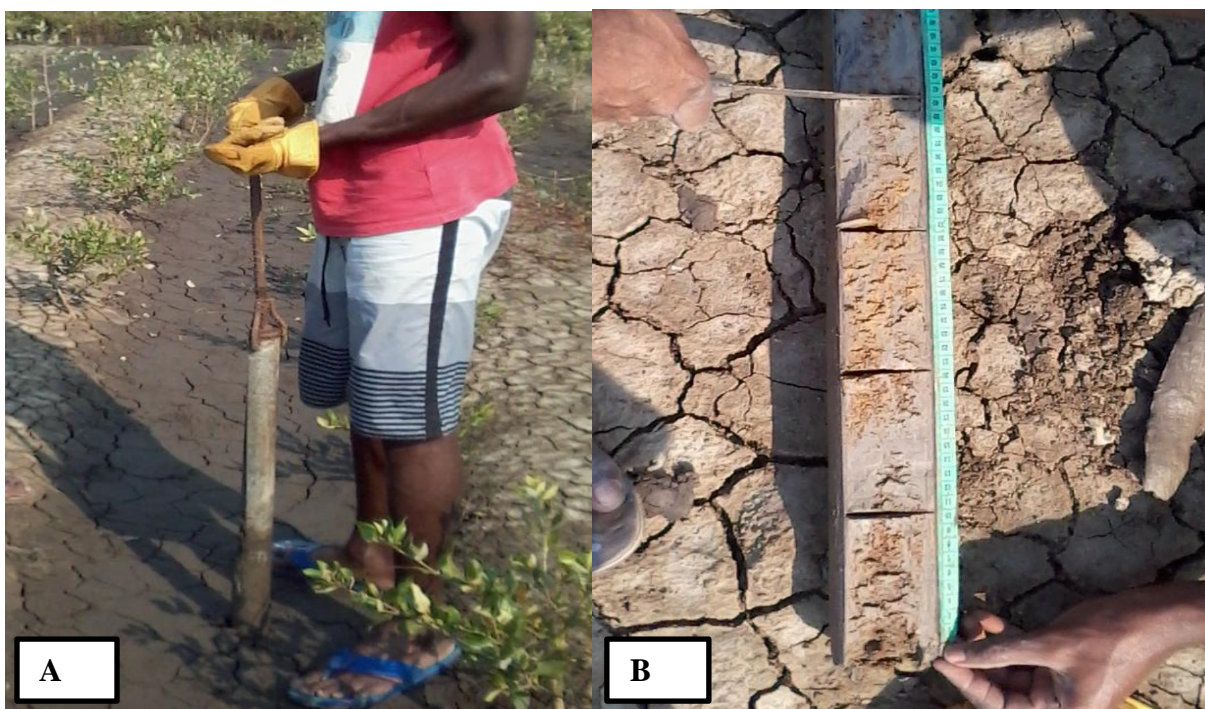


Fig. 4 - Representação dum testemunho de solo na imagem A e do solo retido no testemunho na imagem B.

As amostras foram colocadas em sacos plásticos e transportadas, sob refrigeração, até ao Laboratório de Química da Universidade Eduardo Mondlane - Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras, onde foram congeladas para análises posteriores.

### **3.2.2. Trabalho laboratorial**

#### **3.2.2.1. Tratamento das amostras das águas intersticiais**

As amostras para as análises das águas intersticiais foram obtidas por subamostras em porções referentes à superfície, meio e fundo do testemunho do solo.

A técnica para obtenção das águas intersticiais (amostras de água) consistiu em pesar 10 gramas de cada uma das subamostras, já citadas (superfície, meio e fundo), dissolvendo-se os 10 gramas do solo em 100 mL de água destilada, segundo o método usado por Melo (2002).

As amostras foram agitadas com mão e mantidas em repouso durante 1 hora (Embrapa, 1997). Agitaram-se novamente por 5 minutos e posteriormente filtrou-se o líquido denso e escuro com o auxílio de um funil com o filtro de 185 mm de diâmetro primeiro, e depois com o filtro de 110 mm de diâmetro para retirada de algumas interferências e sólidos dissolvidos.

Cada perfil (escavação) forneceu três subamostras: superfície, meio e fundo; e em cada subamostra foram analisadas concentrações de matéria inorgânica (Amónio, Nitrato, Silicato e Fosfato) e pH. Portanto para as análises de Silicato em particular foram utilizados 50 mL de água destilada isto porque com os 100 mL o resultado dava “underange” que significa que a concentração é muito menor.

Para medir o pH (potencial hidrogeniónico) da água intersticial foi usado um pH-metro do campo de marca HANNA HI83141 previamente calibrado com soluções tampão pH=4,0 e pH=7,0. Mergulhou-se o eléctrodo na água filtrada e efectuou-se a leitura do pH (Embrapa, 1999).

As concentrações de Amónia, Nitrato, Fosfato, e Silicato foram determinadas usando fotométrico portátil (MultiDirect\_7) controlado por microprocessadores, onde a análise fotométrica é baseada principalmente na medição da intensidade de cor. A luz de uma lâmpada incandescente é passada através de um tubo de ensaio contendo a amostra, e a luz detectada pela célula fotoeléctrica exibido como uma resposta digital. O visor mostra a taxa de transmitância (% T) - a intensidade da luz incidente que atinge a fotocélula. O sistema fotómetro MultiDirect\_7 é usado para medir a cor produzida na presença de reagentes na amostra. Após a transmitância é calibrada com o branco para evitar que haja interferência nos resultados (Www.lovibond.com). O instrumento fornece os resultados em forma de concentração (mg/L).

Avaliação do pH e da matéria inorgânica no solo do mangal da área de reflorestamento de Icídua no estuário dos Bons Sinais-Quelimane.

Após as determinações das concentrações de Amónio, Nitrato, Fosfato, Silicato e pH, considerou-se o factor de diluição (número de vezes que a concentração vai diminuir):

$$C_1 = (C_2 * V_2) / V_1$$

Equação (1)

Onde:  $C_1$  = concentração inicial antes de ser diluída;  $C_2$  = concentração final depois de ser diluída;  $V_1$  = volume inicial antes de ser diluída;  $V_2$  = volume final depois de ser diluída.

Para obter-se o  $V_1$ , evaporaram-se 10 gramas do solo numa estufa à temperatura de 105°C, durante 16 horas (Gross, 1971). Depois achou-se a diferença do peso da massa do solo antes e depois da evaporação da água; onde converteu-se para unidade de volume:

$$1g \longrightarrow 1mL$$

Equação (2)

Avaliação do pH e da matéria inorgânica no solo do mangal da área de reflorestamento de Icídua no estuário dos Bons Sinais-Quelimane.

## 4. Resultados

### 4.1. Parâmetros ambientais nas águas intersticiais do solo do mangal.

#### 4.1.1. pH nas águas intersticiais do solo do mangal.

Os valores das médias totais de pH nas águas intersticiais (tabela 1) tiveram uma amplitude de  $4 \pm 0$  na zona proximal a  $6 \pm 0$  nas zonas proximal, intermédia e longínqua “A”. Os valores distribuíram-se de forma a diminuírem em direcção ao fundo (50 cm) do solo e em outros lugares mantiveram-se (zona longínqua “B”).

**Tabela 1** - Média  $\pm$  desvio-padrão dos valores de pH nas águas intersticiais do solo do mangal de Icídua, estuário dos Bons Sinais-Quelimane.

<b>Profundidade do solo (cm)</b>	<b>Maio Média do pH</b>	<b>Outubro Média do pH</b>	<b>Média geral do pH</b>
Amostragem	Zona proximal	Zona proximal	Zona proximal
0-10	$5 \pm 0$	$6 \pm 1$	$6 \pm 0$
20-30	$5 \pm 0$	$5 \pm 1$	$5 \pm 0$
40-50	$4 \pm 0$	$4 \pm 0$	$4 \pm 0$
Amostragem	Zona intermédia	Zona intermédia	Zona intermédia
0-10	$5 \pm 0$	$6 \pm 1$	$6 \pm 0$
20-30	$5 \pm 0$	$4 \pm 1$	$5 \pm 1$
40-50	$5 \pm 0$	$4 \pm 0$	$5 \pm 1$
Amostragem	Zona longínqua “A”	Zona longínqua “A”	Zona longínqua “A”
0-10	$5 \pm 0$	$6 \pm 1$	$6 \pm 0$
20-30	$5 \pm 0$	$5 \pm 1$	$5 \pm 0$
40-50	$5 \pm 0$	$5 \pm 1$	$5 \pm 0$
Amostragem	Zona longínqua “B”	Zona longínqua “B”	Zona longínqua “B”
0-10	$5 \pm 0$	$5 \pm 0$	$5 \pm 0$
20-30	$5 \pm 0$	$5 \pm 1$	$5 \pm 1$
40-50	$5 \pm 0$	$4 \pm 0$	$5 \pm 1$

Avaliação do pH e da matéria inorgânica no solo do mangal da área de reflorestamento de Icídua no estuário dos Bons Sinais-Quelimane.

#### 4.1.2. Amónio ( $\text{NH}_4^+$ ) nas águas intersticiais do solo do mangal

Neste parâmetro registaram-se valores mínimos de  $143\pm 87$  mg/L na zona proximal e máximos de  $413\pm 274$  mg/L na zona longínqua “B”. Em relação com a coluna sedimentar, as concentrações não foram crescentes ou decrescentes da superfície para o fundo ou vice-versa. Na zona longínqua “B” as concentrações diminuíram ao longo da profundidade e nas outras zonas as concentrações estiveram distribuídas de forma mista, ora aumentaram ora diminuíram em direcção ao centro do perfil.

**Tabela 2** - Média  $\pm$  desvio-padrão dos valores de amónio  $\text{NH}_4^+$  em mg/L nas águas intersticiais do solo do mangal de Icídua, estuário dos Bons Sinais-Quelimane.

Profundidade do solo (cm)	Maio Média do $\text{NH}_4^+$ (mg/L)	Outubro Média do $\text{NH}_4^+$ (mg/L)	Média geral do $\text{NH}_4^+$ (mg/L)
Amostragem	Zona proximal	Zona proximal	Zona proximal
0-10	$1056\pm 0$	$77\pm 7$	$566\pm 692$
20-30	$82\pm 0$	$205\pm 13$	$143\pm 87$
40-50	$352\pm 0$	$163\pm 58$	$257\pm 134$
Amostragem	Zona intermédia	Zona intermédia	Zona intermédia
0-10	$184\pm 0$	$150\pm 61$	$167\pm 23$
20-30	$367\pm 0$	$298\pm 270$	$333\pm 49$
40-50	$250\pm 0$	$128\pm 65$	$189\pm 87$
Amostragem	Zona longínqua “A”	Zona longínqua “A”	Zona longínqua “A”
0-10	$163\pm 0$	$298\pm 198$	$231\pm 96$
20-30	$112\pm 0$	$219\pm 101$	$166\pm 76$
40-50	$281\pm 0$	$275\pm 159$	$278\pm 4$
Amostragem	Zona longínqua “B”	Zona longínqua “B”	Zona longínqua “B”
0-10	$607\pm 0$	$219\pm 62$	$413\pm 274$
20-30	$418\pm 0$	$260\pm 57$	$339\pm 112$
40-50	$199\pm 0$	$236\pm 109$	$218\pm 26$

#### 4.1.3. Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) nas águas intersticiais do solo do mangal

Neste estudo verificou-se um valor mínimo de  $408\pm 144$  mg/L na zona longínqua “B” e máximo de  $1160\pm 379$  mg/L na zona longínqua “A”. Na zona intermédia as concentrações aumentaram com o fundo sedimentar e nas outras zonas, ora aumentaram ora diminuíram em direcção ao centro da camada do solo dos 20-30 cm.

Avaliação do pH e da matéria inorgânica no solo do mangal da área de reflorestamento de Icídua no estuário dos Bons Sinais-Quelimane.

**Tabela 3** - Média  $\pm$  desvio-padrão dos valores de nitrato( $\text{NO}_3^-$ ) em mg/L nas águas intersticiais do solo do mangal de Icídua, estuário dos Bons Sinais-Quelimane.

<b>Profundidade do solo (cm)</b>	<b>Maio Média do <math>\text{NO}_3^-</math> (mg/L)</b>	<b>Outubro Média do <math>\text{NO}_3^-</math> (mg/L)</b>	<b>Média geral do <math>\text{NO}_3^-</math> (mg/L)</b>
Amostragem	Zona proximal	Zona proximal	Zona proximal
0-10	918 $\pm$ 0	306 $\pm$ 0	612 $\pm$ 433
20-30	2346 $\pm$ 0	255 $\pm$ 0	1301 $\pm$ 1479
40-50	1173 $\pm$ 0	536 $\pm$ 397	854 $\pm$ 451
Amostragem	Zona intermédia	Zona intermédia	Zona intermédia
0-10	1071 $\pm$ 0	383 $\pm$ 180	727 $\pm$ 487
20-30	1479 $\pm$ 0	485 $\pm$ 36	982 $\pm$ 703
40-50	1275 $\pm$ 0	740 $\pm$ 36	1007 $\pm$ 379
Amostragem	Zona longínquo "A"	Zona longínquo "A"	Zona longínquo "A"
0-10	1428 $\pm$ 0	893 $\pm$ 252	1160 $\pm$ 379
20-30	1173 $\pm$ 0	663 $\pm$ 72	918 $\pm$ 361
40-50	1377 $\pm$ 0	816 $\pm$ 144	1097 $\pm$ 397
Amostragem	Zona longínquo "B"	Zona longínquo "B"	Zona longínquo "B"
0-10	714 $\pm$ 0	595 $\pm$ 206	655 $\pm$ 84
20-30	867 $\pm$ 0	595 $\pm$ 78	731 $\pm$ 192
40-50	306 $\pm$ 0	510 $\pm$ 102	408 $\pm$ 144

#### 4.1.4. Fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) nas águas intersticiais do solo do mangal

O fosfato teve uma tendência no sentido de decréscimo de suas concentrações ao longo da profundidade na zona intermédia e zona longínqua "A". A faixa de variação foi de 104 $\pm$ 53 mg/L na zona proximal a 157 $\pm$ 135 mg/L na zona intermédia.

**Tabela 4** - Média  $\pm$  desvio-padrão dos valores de fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) em mg/L nas águas intersticiais do solo do mangal de Icídua, estuário dos Bons Sinais-Quelimane.

<b>Profundidade do solo (cm)</b>	<b>Maio Média do <math>\text{PO}_4^{3-}</math> (mg/L)</b>	<b>Outubro Média do <math>\text{PO}_4^{3-}</math> (mg/L)</b>	<b>Média geral do <math>\text{PO}_4^{3-}</math> (mg/L)</b>
Amostragem	Zona proximal	Zona proximal	Zona proximal
0-10	147 $\pm$ 0	81 $\pm$ 0	114 $\pm$ 47
20-30	181 $\pm$ 0	72 $\pm$ 1	127 $\pm$ 77
40-50	142 $\pm$ 0	67 $\pm$ 0	104 $\pm$ 53

Avaliação do pH e da matéria inorgânica no solo do mangal da área de reflorestamento de Icídua no estuário dos Bons Sinais-Quelimane.

Amostragem	Zona intermédia	Zona intermédia	Zona intermédia
0-10	252±0	61±14	157±135
20-30	197±0	72±4	135±88
40-50	143±0	70±5	106±52
Amostragem	Zona longínquo “A”	Zona longínquo “A”	Zona longínquo “A”
0-10	166±0	103±34	135±45
20-30	145±0	70±3	108±53
40-50	146±0	70±1	108±54
Amostragem	Zona longínquo “B”	Zona longínquo “B”	Zona longínquo “B”
0-10	133±0	98±28	116±25
20-30	144±0	97±17	121±34
40-50	154±0	92±24	123±43

#### 4.1.5. Silicato (SiO<sub>2</sub>) nas águas intersticiais do solo do mangal

Em nível da profundidade do solo, a espécie silicato também não apresentou uma distribuição com relação a aumento ou diminuição do topo do perfil em direcção ao fundo ou vice-versa, mas na zona proximal e zona longínquo “B”, aumentou da superfície para o fundo do perfil; revelando que numa profundidade de 40 a 50 cm (subamostras de fundo), os níveis estiveram mais concentrados do que nas subamostras de meio (entre 20 a 30 cm) ou da superfície (primeiros 10 cm). Nesta amostragem foram encontradas concentrações de 72±9 mg/L na zona longínquo “B” a 137±9 mg/L na zona longínquo “A”.

**Tabela 5** - Valores de silicato (SiO<sub>2</sub>) em mg/L nas águas intersticiais do solo do mangal de Icídua, estuário dos Bons Sinais-Quelimane.

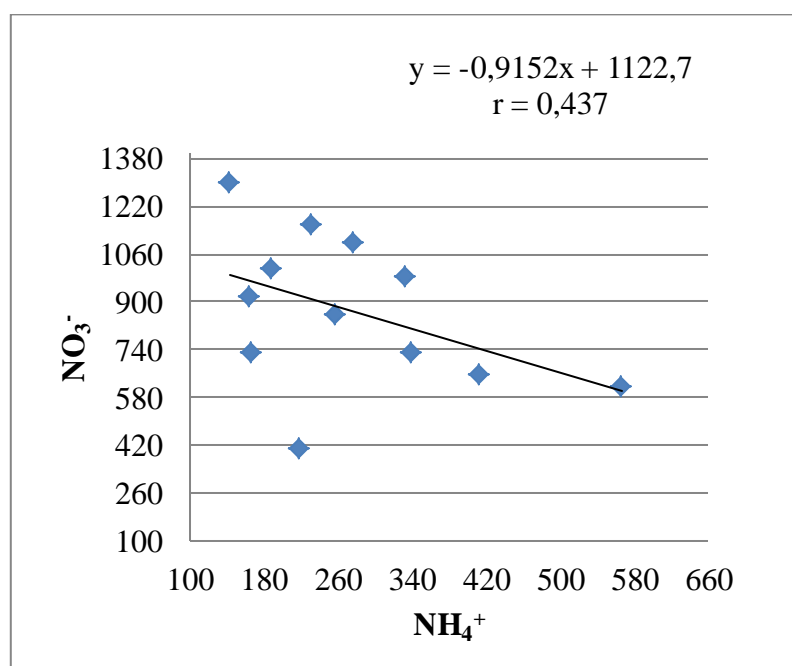
Profundidade do solo (cm)	Maio Média do SiO <sub>2</sub> (mg/L)	Outubro Média do SiO <sub>2</sub> (mg/L)	Média geral de SiO <sub>2</sub> (mg/L)
Amostragem	Zona proximal	Zona proximal	Zona proximal
0-10	78±0	91±18	85±9
20-30	n.d	78±37	n.d
40-50	104±0	143±18	124±28
Amostragem	Zona intermédia	Zona intermédia	Zona intermédia
0-10	78±0	91±18	85±9
20-30	104±0	130±37	117±18
40-50	52±0	117±55	85±46
Amostragem	Zona longínquo “A”	Zona longínquo “A”	Zona longínquo “A”

Avaliação do pH e da matéria inorgânica no solo do mangal da área de reflorestamento de Icídua no estuário dos Bons Sinais-Quelimane.

0-10	78±0	104±0	91±18
20-30	130±0	143±18	137±9
40-50	52±0	143±18	98±64
Amostragem	Zona longínquo "B"	Zona longínquo "B"	Zona longínquo "B"
0-10	78±0	65±18	72±9
20-30	104±0	117±18	111±9
40-50	104±0	130±74	117±18

#### 4.2. Correlação entre parâmetros amónio ( $\text{NH}_4^+$ ) com nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) nas águas intersticiais do solo do mangal.

A figura representa correlação entre amónio e nitrato nas águas intersticiais do solo do mangal, onde o coeficiente de correlação é positiva fraca.



**Fig. 5** – Gráfico de correlação entre amónio ( $\text{NH}_4^+$ ) com nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) nas águas intersticiais do solo do mangal.



## 5. Discussão

### 5.1. Parâmetros ambientais nas águas intersticiais do solo do mangal.

#### 5.1.1. pH nas águas intersticiais do solo do mangal.

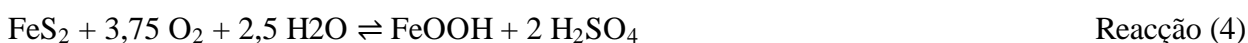
Neste estudo, e segundo classificação química feita por Ribeiro *et al.*, (1999), os valores encontrados representam um solo com pH de acidez elevada e média.

Considerando que o pH do solo é influenciado pela composição e natureza dos cátions trocáveis, composição e concentração dos sais solúveis e a presença ou ausência do gesso (sulfato de cálcio) e carbonatos de cálcio e magnésio (Silva, 1994), então os valores de pH ácido podem estar associados às baixas concentrações de sais, e também é possível que a chuva que caiu nos últimos meses do período chuvoso (Março e Abril) tenha causado redução de sais no sedimento diminuindo assim o pH.

O teor de MO no solo influencia nos valores do pH do solo, pois na decomposição da MO ocorre liberação de CO<sub>2</sub>, o qual reage com molécula de água (H<sub>2</sub>O) havendo formação do ácido carbónico, que se dissocia em iões H<sup>+</sup> e HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, promovendo a acidificação do meio e a consequente diminuição dos valores de pH do solo (Ponnamperuma, 1972).

O pH levemente ácido do sedimento superficial deve-se à oxidação de sulfetos, decomposição de serapilheira, hidrólise de tanino das plantas de mangal (as quais liberam vários tipos de ácidos orgânicos) (Liao, 1990), pouca influência da água do mar e muita precipitação.

Segundo Firme (2003) e Da Silva *et al.*, (2014) os baixos valores de pH em sedimentos estão atribuídos a oxidação dos sulfetos de Fe, presumidamente FeS<sub>2</sub>, que tem como produto final o ácido sulfúrico, conforme as seguintes reacções:



Ainda, segundo Da Silva *et al.*, (2014) baixos valores de pH podem ser ocasionados devido à degradação da matéria orgânica, como consequência dos processos de respiração anaeróbica pelas bactérias no sedimento, que podem produzir ácidos orgânicos que são responsáveis pela redução do pH.

Avaliação do pH e da matéria inorgânica no solo do mangal da área de reflorestamento de Icídua no estuário dos Bons Sinais-Quelimane.

**Tabela 6** - Valores de pH para águas intersticiais de sedimentos de mangal em diferentes sistemas estuarinos.

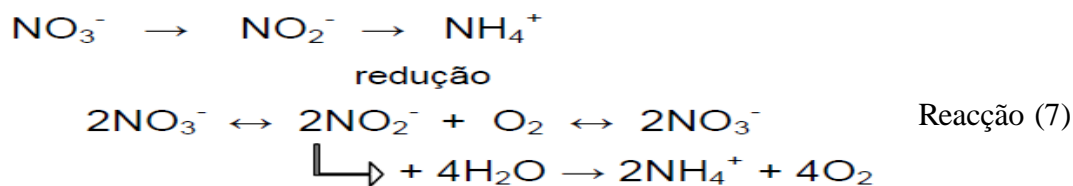
Valores do pH			
Rio – estuário	Faixa de valores	Referência	Perfil sedimentar Prof. (cm)
Estuário São Francisco, Sergipe	2,8 a 4,0	Santos <i>et al.</i> , 2015	40 cm
Rio crumahú (guarujá-sp):	6,32 a 7,2	Ferreira, 2002	80 cm
Rio Iriri no canal de Bertioga (santos, sp)	6,4 a 6,7	Prada-Gameiro <i>et al.</i> , 2004	80 cm
Mangais de Ilhéus-BA, ao longo do rio Almada.	2,7 a 5,8	Gomes, 2002	40 cm
Mangal – estuário Rio Paciência – Iguaba – Paço do Lumiar (MA). Período chuvoso Período de seca	3,52 a 4,74 3,01 a 5,01	Filho, 2009	70 cm
Mangal-estuário dos Bons Sinais-Icídua.	4±0 a 6±0	Este trabalho	50 cm

### 5.1.2. Amónio ( $\text{NH}_4^+$ ) nas águas intersticiais do solo do mangal

As concentrações de amónio foram mais elevadas em direcção ao fundo da coluna sedimentar, e isso pode ter ocorrido pelo aumento da compactação e estabilidade química dos sedimentos. Ocorrendo isso, o amónio formado é conservado, tornando menor o intercâmbio e a difusão molecular desse nutriente para a interface (água-sedimento); e onde o amónio revelou-se mais baixo, o ambiente esteve realizando os processos de oxidação (amónio se oxidando a nitrito e posteriormente a nitrato) (Filho, 2009); então discutindo este parâmetro não foi fácil já que as maiorias das concentrações estiveram distribuídas de forma mista, ora aumentaram ora diminuíram em direcção ao centro da profundidade, mas afirmou-se que a zona longínqua “B” foi um ambiente oxidante (amónio se oxidando a nitrito e posteriormente a nitrato) (tabela 2).

As águas intersticiais do solo do mangal quando comparadas com as águas do estuário, são sempre mais ricas em amónio, pois esse ambiente é sempre mais redutor que a lâmina de água, ocorrendo mais as reacções de desnitrificação (formação do ião amónio), aqui esquematizadas:

Avaliação do pH e da matéria inorgânica no solo do mangal da área de reflorestamento de Icídua no estuário dos Bons Sinais-Quelimane.



A maior parte (> 60%) do nitrogénio inorgânico dissolvido, que pode ser representado por (NID= $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^- + \text{NH}_4^+$ ) na água intersticial dos mangais é constituída por amónio. A fixação do nitrogénio molecular da atmosfera por cianobactérias, assim como a mineralização da matéria orgânica nitrogenada também são responsáveis por produzirem o amónio ( $\text{NH}_4^+$ ) em excesso (Filho, 2009).

Particularmente, com relação aos gradientes de amónio entre a coluna de água e a coluna sedimentar, Jahnke *et al.*, (2005) estudando a água intersticial de sedimentos muito permeáveis na plataforma continental do Atlântico Sul até cerca de 16 cm de profundidade, não salientaram gradientes crescentes para o amónio. Portanto, o gradiente registrado por esses autores foi no sentido igual daquele constatado na zona longínqua “B” do presente estudo. Esses autores acima citados justificaram as maiores concentrações nas camadas mais superficiais em função da maior mineralização da matéria orgânica depositada, não caracterizando o gradiente crescente na direcção das maiores profundidades da coluna sedimentar. A tabela 7 mostra valores de amónio em miligramas por Litros para águas intersticiais em diferentes sistemas estuarinos.

**Tabela 7** - Valores de amónio ( $\text{NH}_4^+$ ) em mg/L para águas intersticiais de sedimentos de mangal em diferentes sistemas estuarinos.

Valores de amónio ( $\text{NH}_4^+$ )			
Rio-estuário	Faixa de concentrações (mg/L)	Referencia	Perfil sedimentar Prof. (cm)
Mangal-estuário da Lagoa dos Patos (RS). Com aporte de efluentes domésticos Sem aportes antrópicos Com aportes de efluentes industriais	820,2 a 3453,6 635,7 a 4129,4 647,8 a 2233,9	Baumgartem <i>et al.</i> , 2003	38 cm

Avaliação do pH e da matéria inorgânica no solo do mangal da área de reflorestamento de Icídua no estuário dos Bons Sinais-Quelimane.

Mangal-estuário Ig. Nunca Mais Raposa (MA). Período de seca Período chuvoso	17,9 a 109,7 8,8 a 68,3	Melo, 2002	70 cm
Mangal-estuário Paciência – Paço do Lumiar (MA). Período chuvoso Período de seca	4,3 a 1263,9 12,2 a 1066,6	Filho, 2009	70 cm
Mangal-estuário dos Bons Sinais-Icídua.	143±87 a 413±274	Este trabalho	50 cm

### 5.1.3. Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) nas águas intersticiais do solo do mangal

Considerando a variação do nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) ao longo da profundidade (superfície, meio e fundo), pode-se inferir que toda área em estudo, se comportou como um ambiente oxidante, entretanto, interpretando os valores das duas espécies nitrogenadas ( $\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$ ), o compartimento águas intersticiais se comportou como um ambiente oxidante, devido às taxas de nitrato, que estiveram bem superiores às de amónio.

Após observar verificaram-se valores muito elevados, pois num estudo feito pelo Filho, (2009) ele encontrou o nitrato nas águas intersticiais em maiores concentrações, por ser a espécie mais estável em ambiente aquoso. O mesmo autor no mesmo estudo comparou concentrações das duas espécies (nitrito e nitrato) em nível de períodos sazonais e observou que as águas intersticiais estiveram mais concentradas em nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) na maioria dos perfis.

**Tabela 8** -Valor de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) em mg/L para águas intersticiais de sedimentos de mangal em diferentes sistemas estuarinos.

Valores do nitrato ( $\text{NO}_3^-$ )			
Rio – estuário	Faixa de concentrações	Referência	Perfil sedimentar Prof. (cm)
Mangal – estuário Rio Paciência – Iguaiá – Paço do Lumiar (MA). Período chuvoso Período de seca	0,345 a 19,567	Filho, 2009	70 cm

Avaliação do pH e da matéria inorgânica no solo do mangal da área de reflorestamento de Icídua no estuário dos Bons Sinais-Quelimane.

Mangal-estuário dos Bons Sinais-Icídua.	408±144 a 1160±379	Este trabalho	50 cm
---	--------------------	---------------	-------

#### 5.1.4. Fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) nas águas intersticiais do solo do mangal

Em 2 zonas (intermédia e longínquo “A”), houve tendência de diminuição das concentrações do fosfato com a profundidade, isso pode estar relacionado com as actividades domésticos que se fizeram sentir na camada superficial da coluna sedimentar, visto que há prática de fecalismo ao céu aberto por parte das comunidades locais.

A presença de uma camada oxidante na coluna sedimentar superficial pode impedir ou dificultar o fluxo de fosfato para a coluna de água. Essa camada funciona como uma armadilha para manter o fosfato retido na coluna sedimentar mais profunda (mais de 15 cm) (Baumgarten e Niencheski, 2010), o que ficou evidente na zona longínqua “B” onde as concentrações aumentaram com a coluna sedimentar.

Assim, o fosfato difundido das camadas mais profundas para as mais superficiais da coluna sedimentar, quando encontrou essa barreira oxidante superficial, pode ter sido aprisionado nos sedimentos da mesma (adsorvido), principalmente em colóides como óxidos ou hidróxidos hidratados de ferro ou de manganês (Esteves, 1998, Tengberg *et al.*, 2003). Esse processo é conhecido como uma armadilha do fosfato pela coluna sedimentar, citado para ambientes de baixa hidrodinâmica (Liss *et al.*, 1976).

**Tabela 9** -Valor de fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) em mg/L para águas intersticiais de sedimentos de mangal em diferentes sistemas estuarinos.

Valores de fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ )			
Rio – estuário	Faixa de concentrações	Referência	Perfil sedimentar Prof. (cm)
Estuário Saco da Mangueira (RS), com aportes de efluentes domésticos. Sem aportes antrópicos com aportes de efluentes industriais.	30,6 a 436,2 19,0 a 254,3 49,1 a 445,7	Baumgarten <i>et al.</i> , 2003	38 cm
Mangal – estuário Igarapé Nunca Mais – Raposa (MA). Período de seca Período chuvoso	5,8 a 31,2 8,8 a 44,2	Melo, 2002	70 cm

Mangal – estuário Rio Paciência – Iguaíba – Paço do Lumiar (MA). Período chuvoso Período de seca	1,9 a 96,5 0,2 a 97,2	Filho, 2009	70 cm
Mangal-estuário dos Bons Sinais- Icídua.	104±53 a 157±135	Este trabalho	50 cm

### 5.1.5. Silicato (SiO<sub>2</sub>) nas águas intersticiais do solo do mangal

Este parâmetro mostra concentrações que aumentaram ao longo da profundidade na zona longínqua “B”, e nas zonas intermédia e longínqua “A” não foi observado nenhum padrão de variação com a profundidade.

O silicato nas águas intersticiais assim como nas águas superficiais possui origem semelhante, quais sejam, o aporte continental, lixiviação do material proveniente das margens, entre outras fontes. Entretanto, nas águas intersticiais (águas dos poros do sedimento), a própria matriz (base sedimentar abaixo da camada de lama mais fluida) enriquece essas águas em sílica, porque a turbidez nessas águas sendo mais alta que nas águas do estuário (lâmina de água) é resultante das partículas que se encontram em suspensão, que são fragmentos de material arenoso e sílico-argiloso, onde os principais constituintes são compostos silicatados (Filho, 2009). Isto pode justificar o caso da zona longínqua “B” onde as suas concentrações aumentaram com a profundidade.

Os iões silicatos presentes na água intersticial na forma de H<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub> ou Si(OH)<sub>4</sub> têm origem também nas reacções de hidrólise provocadas pelos processos de redissolução e turbulência que atingiram a própria estrutura matricial do sedimento com tendência a se compactar. Abaixo dos 70 cm de espessura do sedimento que foi colectado (no estudo feito por ele), existe uma coluna sedimentar mais espessa, mais rica em silicato que a própria região composta de lama fluida (compartimento onde foi realizada a colecta). As reacções intempéricas e a hidrodinâmica no ambiente do mangal além dos aportes continentais deixam as águas intersticiais também mais ricas em silicato do que na lâmina de água (água do estuário) (Filho, 2009).

Avaliação do pH e da matéria inorgânica no solo do mangal da área de reflorestamento de Icídua no estuário dos Bons Sinais-Quelimane.

**Tabela 10** -Valor de silicato ( $\text{SiO}_2$ ) em mg/L para águas intersticiais de sedimentos de mangal em diferentes sistemas estuarinos.

Valores do silicato ( $\text{SiO}_2$ )			
Rio – estuário	Faixa de concentrações	Referência	Perfil sedimentar Prof. (cm)
Mangal – estuário Rio Paciência – Iguába – Paço do Lumiar (MA). Período chuvoso Período de seca	61,63 a 1211,32	Filho, 2009	70 cm
Mangal-estuário dos Bons Sinais-Icídua.	72±9 a 137±9	Este trabalho	50 cm

## 5.2. Correlação entre parâmetros amónio ( $\text{NH}_4^+$ ) com nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) nas águas intersticiais do solo do mangal.

Dentre espécies amónio ( $\text{NH}_4^+$ ) com nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) houve uma correlação positiva fraca; foi por isso que o compartimento águas intersticiais se comportou como um ambiente oxidante, devido às taxas de nitrato, que estiveram bem superiores às de amónio. As concentrações de nitrato aumentaram com o decréscimo das concentrações de amónio.

Generalizando os parâmetros estudados no solo do mangal do Icídua pode se notar que os valores encontrados são adequados para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Em comparação com outros solos dos mangais constatou-se que os valores dos parâmetros (pH, amónio, nitrato, fosfato e silicato) encontrados neste estudo não fogem muito dos encontrados nos outros estudos (ver tabelas 6, 7, 8, 9 e 10); então pode-se inferir que o facto de as plantas não sobreviverem significativamente (pelo menos 50 % de sobrevivência) na área de reflorestamento do Icídua não esta relacionado com o pH nem com os nutrientes inorgânicos do solo, mas pode estar relacionado com outros parâmetros como salinidade, influência das marés, o método usado para o replantio, entre outros.

A deficiência hídrica é um factor que interrompe, restringe ou acelera os processos normais de uma planta ou de suas partes tendo como resultado danos permanentes ou morte, dependendo da tolerância e a capacidade adaptativa da espécie (Verslues *et al.*, 2006). A variação na frequência de inundação das marés pode acarretar diferenças nas concentrações de sal no sedimento. De modo geral, nos Mangais próximos ao mar a salinidade é maior e nos bosques próximos às margens dos

Avaliação do pH e da matéria inorgânica no solo do mangal da área de reflorestamento de Icídua no estuário dos Bons Sinais-Quelimane.

rios é menor. Entretanto, em locais onde a maré chega poucas vezes ao dia ou onde há menor influência da água doce, as salinidades podem ser tão elevadas que as plantas não crescem (Schaeffer-Novelli, 1995).

Na Colômbia, Bohorquez e Prada (1986) realizaram o transplante de 130 plântulas de *R. mangle*, em diferentes ilhas do litoral Caribenho, observando as taxas de crescimento e o número médio de folhas por indivíduo. A maior taxa de sobrevivência encontrada foi de 34,8%, e o período de maior crescimento e produção de folhas foi quando as chuvas começaram. Field (1998) descreve que a selecção de locais para plantio deve considerar a quantidade e qualidade da água e o tempo de permanência desta na área, pois é vital que plantas jovens sejam inundadas regularmente, mas não em grande grau, pois morrem.



## 6. Conclusões

Segundo os resultados obtidos neste trabalho concluiu-se que:

- ✓ O pH foi alto nas camadas superficiais das zonas, proximal, intermédia e longínqua “A”; os valores diminuíram com a profundidade com excepção da zona longínqua “B” onde não houve variação com a profundidade.
- ✓ As concentrações de amónio foram altas na zona longínqua “B”; e diminuíram com a profundidade do solo na zona longínqua “B”.
- ✓ As concentrações de nitrato foram altas na zona longínqua “A”; e aumentaram com o fundo sedimentar na zona intermédia.
- ✓ As concentrações de fosfato foram altas na zona intermédia, e diminuíram ao longo da coluna sedimentar na zona intermédia e longínqua “A”.
- ✓ As concentrações de silicato foram altas na zona longínqua “A”; e aumentaram da superfície para o fundo do perfil na zona proximal e longínqua “B”.

Avaliação do pH e da matéria inorgânica no solo do mangal da área de reflorestamento de Icídua no estuário dos Bons Sinais-Quelimane.

## **7. Recomendações**

- ✓ Que se façam estudos no solo do Icídua em períodos sazonais sobre salinidade, potencial de oxirredução entre outros parâmetros que influenciam no crescimento do mangal.

## 8. Referências bibliográficas

- Aké-Castillo, J. A.; Vázquez, G.; López-Portillo, J. (2006). Litterfall and decomposition of *Rhizophora mangle* L. in a Coastal lagoon in the Southern Gulf of Mexico. *Hydrobiologia*, v. 559, p.101-111.
- Aminot, A.; Chaussepied, M. (1983). *Manuel des analyses chimiques en milieu Marine*. Paris: 1. ed. Paris: Brest, Center National pour l'exploitation des Océans.
- Badola, R. and Hussain S.A. (2005). Valuing ecosystem functions: an empirical study on the storm protection function of Bhitarkanika mangrove ecosystem, India. *Environmental Conservation*, 32, 85-92pp
- Barcellos, R. L.; Berbel, G. B. B.; Braga, E. S.; Furtado, V. V. (2003). Distribuição e características do fósforo sedimentar no sistema estuarino lagunar de Cananéia – Iguape. Livro de resumos expandidos do IV Congresso Brasileiro de Geoquímica. Belém – PA, 6: 502-504.
- Baumgarten, M. Da G. Z.; Niencheski, L. F. & Veeck, L. (2003). Nutrientes na coluna da água e na água intersticial de sedimentos de uma enseada rasa estuarina com aportes de origem antrópica, *Atlântica*, 23: 101–116.
- Baumgarten, M. Da G. Z.; Niencheski, L. F. H. (2010). A Coluna Sedimentar como Reservatório e Fonte de Nutrientes em Enseadas Estuarinas. *Tropical Oceanography*, Recife, v. 38, n. 1, p. 88-104.
- Bohorquez, C.A.; Prada, M.C. (1986). Transplant of *Rhizophora mangle* em el Parque Nacional Corales del Rosário, Columbia. *Revista de Biología Tropical*, v.36, p. 555-557.
- Brady, N. C.; Weil, R. R. (2012). *Elementos da natureza e propriedades dos solos*. Bookman, p. 512.
- Charley, J.L., Richards, B.N. (1983). Nutrient allocation in plant communities: Mineral cycling in terrestrial ecosystems. In: Langle, O.L., Nobel, P.S., Osmond, C.B., Zeigler, H. (eds). *Physiological plant ecology*. Springer-Verlag. 646p.
- Chen, G.; Yu, D.; Ye, Y.; Chen, B. (2013). Impacts of mangrove vegetation on macro-benthic faunal communities. *Acta Ecologica Sinica/Shengtai Xuebao*, v. 33, p. 327-336.

Avaliação do pH e da matéria inorgânica no solo do mangal da área de reflorestamento de Icídua no estuário dos Bons Sinais-Quelimane.

Chester, R. (1990). *Marine Geochemistry*. 1 ed. London: Unwin Hyman.

Da Silva, G. S.; do Nascimento, A. S.; de Sousa, E. R.; Marques, E. P.; Brandão, A. L. M.; Corrêa, L. B.; Silva, G. S. (2014). Distribution and Fractionation of Metals in Mangrove Sediment from the Tibiri River Estuary on Maranhão Island, Amazon Region. *Revista Virtual de Química*, 6, 323.

Davis, S.E., C. Corronado-Molina, D.L. Childers and J.W. Day. (2003). Temporally dependent C, N, and P dynamics associated with the decay of *Rhizophora mangle* L. leaf litter in oligotrophic mangrove wetlands of the Southern Everglades. *Aquat. Bot.* 75:199–215.

Dias, H. C. T. et al. (2002). Variação temporal de nutrientes na serapilheira de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual Montana em Lavras, MG. *Cerne*, v.8, p. 001-016.

Embrapa, (1999) – Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Embrapa solos, Embrapa informática, Agropecuária; organizador Fábio César da Silva (org.). Brasília. 370 p.

Embrapa, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. (1997). *Manual de Métodos de Análise de Solo*. EMBRAPACNPS, Brasil, Rio de Janeiro.

Esteves, F.A. (1998). *Fundamentos de Limnologia*. 2ª ed. Ed. Interciência Ltda. Rio de Janeiro, 602 p.

Fernandes, A. J.; Peria, L. C. S. (1995) Características do ambiente. In: Yara Schaeffer-Novelli (Ed.). *Manguezal: Ecossistema entre a terra e o mar*. São Paulo: Caribbean ecological research, pp.13-15.

Ferreira, Aurelio B. de Holanda. (2009). *Novo Dicionário da Língua Portuguesa*. 4ª. Ed. Curitiba : Editora Positivo.

Ferreira, T. O. (2002). *Solos de Mangue do Rio Crumahú (Guarujá-Sp): Pedologia e Contaminação por esgoto doméstico*. Universidade de São Paulo– Brasil.

Field, C.D. (1998). Rehabilitation of mangrove ecosystems: an overview. *Marine Pollution Bulletin*, v.37, n.8/12, p.383-392.

Filho, N. E. M. (2009). Caracterização química da matéria orgânica nos sedimentos do solo do manguezal e dinâmica de nutrientes nas águas superficiais e intersticiais no médio estuário do rio

Avaliação do pH e da matéria inorgânica no solo do mangal da área de reflorestamento de Icídua no estuário dos Bons Sinais-Quelimane.

paciência em iguaíba – paço do lumiar (ma). Tese de Doutorado. Universidade Federal da Paraíba Centro de Ciências Exatas e da Natureza. João Pessoa – Pb.

Firme, L. P. (2003). Caracterização Físico-Química de solos de mangue e avaliação de sua contaminação por esgoto doméstico via traçadores fecais. Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Estado de São Paulo – Brasil.

Fisher, T. R.; Carlson, P. R.; Barber, R. T. (1982). Sediment nutrient regeneration in three North Carolina estuaries. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 14: 101-116.

Gameiro, R. M. P.; Torrado, P. V.; Ferreira, T. O. (2004). Mineralogia e físico-química dos solos de mangue do rio Iriri no canal de Bertioça (Santos, SP). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 28, p. 233-243.

Gilman, E.; Ellison, J.; Jungblat, V. Vanlavieren, H.; Wilson, L.; Areki, F.; Brighthouse, G.; Bungitak, J.; Dus, E., Henry, M., Sauni Jr., I., Kilman, M., Matthews, E., Teariki-Ruatu, N., Tukia, S., Yuknavage, K., (2006). Adapting To Pacific Island Mangrove Responses To Sea Level Rise And Other Climate Change Effects. *Climate Res.* 32, 161–176 Pp.

Gomes, F. H. (2002). Caracterização de solos de manguezais e de restinga no município de Ilhéus-bahia. Universidade Federal de Viçosa. 35p.

Gross, M. G. (1971). Carbon determination. In: CARVER, R. E. (ed.) *Procedure in sedimentary petrology*. New York: Wiley-Interscience, Cap. 25, p. 573-596.

Hutchison, C. M. W.; Walworth, J. L. (2007). Evaluating the effects of gross nitrogen mineralization, immobilization, and nitrification on nitrogen fertilizer availability in soil experimentally contaminated with diesel. *Biodegradation*, v. 18, p. 133-144.

Jahnke, R.A.; Richards, M.; Nelson, J.; Robertson, C.; Rao, A & Jahnke, D. (2005). Organic matter remineralization and porewater exchange rates in permeable South Atlantic Bight continental shelf sediments. *Continental Shelf Research*, 25: 1433-1452.

Kageyama, P. Y., Gandara, F. B. & Oliveira, R.E. (2003). Biodiversidade e restauração da floresta tropical.FEPAF. Botucatu, SP. pp. 27-48.

Avaliação do pH e da matéria inorgânica no solo do mangal da área de reflorestamento de Icídua no estuário dos Bons Sinais-Quelimane.

Kraft, B.; Strous, M.; Tegetmeyer, H. E. (2011). Microbial nitrate respiration-genes enzymes and environmental distribution. *Journal of Biotechnology*, v. 155, p. 1-44.

Lacerda, L. D.; Ittekkot, V.; Patchineelam, S. R. (1995). Biogeochemistry of mangrove soil organic matter: a comparison between rhizophora and avicennia soils in south-eastern Brazil. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 40: 713-720.

Lee, S.Y. (1995). Mangrove outwelling: a review. *Hydrobiologia* 295:203–212.

Liao, J.F. (1990). The chemical properties of the mangrove Solonchak in the northeast part of Hainan Island. *The Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni (Suppl.)* 9(4): 67-72.

Liss, P.S (1976). Conservative and non conservative behaviour of dissolved constituents during estuarine mixing. In: *Estuarine chemistry*. Cap. 4. Org. Burton, J.D. & Liss, P.S. Acad. Press, London. p. 93-127.

Martins, S. V. (2007). Recuperação de matas ciliares. Aprenda Fácil Editora. Viçosa, MG. 2ª edição, 255 pp.

Melo, O. T. (1998). Comportamento biogeoquímico de nutrientes no estuário do Rio Bacanga - Ilha de São Luis. Belém, Programa de Pós-Graduação em geoquímica e Petrologia, UFPA, Dissertação de mestrado, 118p.

Melo, O. T. (2002). Dinâmica de nutrientes e da matéria orgânica no manguezal do igarapé Nunca Mais – Ilha de São Luis - MA, Tese de Doutorado. Belém (PA).

Moberg, F.; Rönnbäck, P. (2003). Ecosystem services of the tropical seascape: interactions, substitutions and restorations. *Ocean & Coastal Management*, v. 46, p. 27 – 46.

Nickerson, N.H. & Thibodeau, F.R. (1985). Association between water sulfide concentrations and the distribution of mangroves. *Biogeochemistry* 1:183-192.

Noaa, (2012). National Oceanic and Atmospheric Administration. Earth System Research Laboratory. Global Monitoring Division, março 2012 ([www.esrl.noaa.gov](http://www.esrl.noaa.gov)).

Passos, T.R.G. (2015). Mineralização do Nitrogênio e Carbono e Dinâmica do Fe em Função do tipo de Vegetação e do Efluente de Carcinicultura em solos de Manguezais.

Avaliação do pH e da matéria inorgânica no solo do mangal da área de reflorestamento de Icídua no estuário dos Bons Sinais-Quelimane.

Pereira, C. T. C. (2006). Caracterização Hidrogeoquímica do Estuário do Rio Curuçá (Município de Curuçá – Ne do Pará), Belém.

Ponnamperuma, F. N. (1972). The chemistry of submerged soil. *Advances in Agronomy*, v. 24, p. 29-96.

Pool, D. J., Lugo, A. E.; Snedaker, S. C. (1975). Litter production in mangrove forests of southern Florida and Puerto Rico. In: WALSH, G. E., SNEDAKER, S.C., TEAS, H.J. (Eds.). *Proc. int. Symp. Biol. and Management of Mangroves*, Univ. Florida: IFAS, p. 213-299.

Prada-Gamero, R. M.; Vidal-Torrado, P. e Ferreira, T. O. (2004). Mineralogia e físico-química dos solos de mangue do rio Iriri no canal de Bertioga (santos, sp). *R. Bras. Ci. Solo*, 28:233-243.

Reef, R., Ilka C. F. & Catherine E. L. (2010). Nutrition of mangroves. *Tree Physiology* 30, 1148–1160.

Ribeiro, A.C.; Guimarães, P.T.G.; Alvarez V.V.H. (1999). (Ed.). *Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5a aproximação*. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 359p.

Rocha, J. C.; Rosa. A. H.; Cardoso. A. A. (2004). *Introdução à química ambiental*. 1. ed. São Paulo: Bookman.

Rogers, H. M. (2002). Litterfall, decomposition and nutrient release in a lowland tropical rain forest, Morobe Province, Papua New Guinea. *Journal of Tropical Ecology*, V.18, p. 449-456.

Saket e Matusse, (1994). *Reporto on the Updating of the Exploratory National Forest Inventory*. Ministry of Agriculture, National Directorate of Forest and Wildlife, 77pp.

Santos, J. M.; Dos Santos, L. O.; Costa, J. A. S.; Menezes, L. C. S.; Holanda, F. S. R.; Bellin, I. C. (2015). Caracterização Geoquímica Orgânica e Inorgânica de Sedimentos de Manguezais do Estuário São Francisco, Sergipe. *Rev. Virtual Quim.* Vol 7. No. 6. 2139-2153.

Schaeffer-Novelli, Y. (1995). Introdução. In: *Manguezal: Ecossistemas entre a terra e o mar*. ed. São Paulo, Caribbean Ecological Research, p.17-21.

Avaliação do pH e da matéria inorgânica no solo do mangal da área de reflorestamento de Icídua no estuário dos Bons Sinais-Quelimane.

Schmidt, G. (1988). Manguezal de Cananeia, concentração dos elementos químicos carbono, nitrogênio, cálcio, fósforo, manganês, ferro e cinzas, em folhas de mangue e sua correlação com taxa de decomposição e salinidade. Tese de Doutorado. São Paulo-SP, Universidade de São Paulo. 327p.

Silva, A.S. (1994). Sistemas pressurizados de irrigação: aspersão convencional e localizada. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 257 p.

Soares, S. M. P. (n.d). Técnicas de restauração de áreas Degradadas.

Soundy, B. (1992) The phosphorus cycle in coastal marine sediments, *Limnology and Oceanography*, 37: 1129-1145.

Souza Junior, V. S. et al. (2007). Evolução quaternária, distribuição de partículas nos solos e ambientes de sedimentação em manguezais do estado de São Paulo. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, v. 31, p. 753-769.

Suguio, Kenitiro. (1998). Dicionário de geologia sedimentar e áreas afins. – Rio de Janeiro : Bertrand Brasil.

Tengberg, A.; Almroth, E & Hall, P.O.J. (2003). Ressuspension and its effects on organic carbon recycling and nutrient exchange in coastal sediments: in situ measurements using new experimental technology. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*: 119- 142.

Verslues Pe, Agarwal M, Katiyar; Agarwal S, Zhu J. and Zhu J. K. (2006). Methods and concepts in quantifying resistance to drought, salt and freezing, abiotic stresses that affect plant water status. *The Plant Journal* 45: 523:539.

Vital, A. R. T. et al., (2004). Produção de Serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma Floresta Estacional Semidecidual em Zona Ripária. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.28, p.793-800.

Vitousek, P.M. & Sanford, R.L. (1986). Nutrient cycling in moist tropical forest. *Annual Review of Ecology and Systematics* 17:137-167.

<http://www2.dpi.qld.gov.au/images/13073.GIF>.

<https://sites.google.com/site/comunidadesbentonicas/vc-acha-isso-mesmo>.



Avaliação do pH e da matéria inorgânica no solo do mangal da área de reflorestamento de Icídua no estuário dos Bons Sinais-Quelimane.

## 9. Anexos

**Anexo 1** – Valores de pH e de concentrações de amónio e nitrato obtidos antes de ser considerado o factor de diluição.

Amostragem	Perfis	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>
		Saída	Saída	Saída	Saída	Saída	Saída
		pH	pH	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)
Zona proximal	P1-S	7,02	7,4	20,7	1,4	18	6
	P1-M	6,51	6,8	1,6	3,84	46	5
	P1-F	6,39	6,35	6,9	4	23	5
	P2-S	n.d	7,9	n.d	1,6	n.d	6
	P2-M	n.d	6,49	n.d	4,2	n.d	5
	P2-F	n.d	6,21	n.d	2,4	n.d	16
Zona intermédia	P1-S	6,98	7,34	3,6	3,8	21	5
	P1-M	6,66	5,35	7,2	2,1	29	10
	P1-F	6,5	5,69	4,9	1,6	25	15
	P2-S	n.d	7,84	n.d	2,1	n.d	10
	P2-M	n.d	6,3	n.d	9,6	n.d	9
	P2-F	n.d	6,08	n.d	3,4	n.d	14
Zona longínqua A	P1-S	7,03	7,8	3,2	3,1	28	14
	P1-M	6,91	6,38	2,2	5,7	23	12
	P1-F	6,86	7,15	5,5	3,2	27	14
	P2-S	n.d	7,2	n.d	8,6	n.d	21
	P2-M	n.d	6,7	n.d	2,9	n.d	14
	P2-F	n.d	5,77	n.d	7,6	n.d	18
Zona longínqua B	P1-S	7,01	7,37	11,9	5,4	14	16
	P1-M	6,8	7,29	8,2	6,3	17	10
	P1-F	6,7	6,11	3,9	3,4	6	8
	P2-S	n.d	7,18	n.d	3	n.d	8
	P2-M	n.d	6,3	n.d	4,9	n.d	12
	P2-F	n.d	6,4	n.d	7,1	n.d	12
	P3-S	n.d	6,53	n.d	4,5	n.d	11
	P3-M	n.d	5,97	n.d	4,1	n.d	13
	P3-F	n.d	5,86	n.d	3,4	n.d	10

Avaliação do pH e da matéria inorgânica no solo do mangal da área de reflorestamento de Icídua no estuário dos Bons Sinais-Quelimane.

**Anexo 2** – Valores de concentrações de fosfato e silicato obtidos antes de ser considerado o factor de diluição.

Amostragem	Perfis	1ª Saída	2ª Saída	1ª Saída	2ª Saída
		PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L)	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L)	SiO <sub>2</sub> (mg/L)	SiO <sub>2</sub> (mg/L)
Zona proximal	P1-S	2,88	1,58	3	4
	P1-M	3,55	1,43	n.d	4
	P1-F	2,78	1,3	4	6
	P2-S	n.d	1,58	n.d	3
	P2-M	n.d	1,4	n.d	2
	P2-F	n.d	1,31	n.d	5
Zona intermédia	P1-S	4,95	1	3	4
	P1-M	3,86	1,47	4	6
	P1-F	2,8	1,44	2	3
	P2-S	n.d	1,39	n.d	3
	P2-M	n.d	1,37	n.d	4
	P2-F	n.d	1,29	n.d	6
Zona longínqua A	P1-S	3,26	1,55	3	4
	P1-M	2,85	1,34	5	5
	P1-F	2,86	1,38	2	6
	P2-S	n.d	2,5	n.d	4
	P2-M	n.d	1,42	n.d	6
	P2-F	n.d	1,36	n.d	5
Zona longínqua B	P1-S	2,61	2,34	3	2
	P1-M	2,83	1,53	4	4
	P1-F	3,01	1,26	4	7
	P2-S	n.d	2,15	n.d	3
	P2-M	n.d	2,13	n.d	5
	P2-F	n.d	2,08	n.d	3
	P3-S	n.d	1,3	n.d	7
	P3-M	n.d	2,04	n.d	8
	P3-F	n.d	2,08	n.d	5

Avaliação do pH e da matéria inorgânica no solo do mangal da área de reflorestamento de Icídua no estuário dos Bons Sinais-Quelimane.

**Anexo 3** – Valores de pH e de concentrações de amónio e nitrato obtidos depois de ser considerado o factor de diluição.

Amostragem	Perfis	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>
		Saída pH	Saída pH	Saída NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	Saída NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	Saída NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	Saída NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)
Zona proximal	P1-S	5	5	1056	71	918	306
	P1-M	5	5	82	196	2346	255
	P1-F	4	4	352	204	1173	255
	P2-S	n.d	6	n.d	82	n.d	306
	P2-M	n.d	4	n.d	214	n.d	255
	P2-F	n.d	4	n.d	122	n.d	816
Zona intermédia	P1-S	5	5	184	194	1071	255
	P1-M	5	3	367	107	1479	510
	P1-F	5	4	250	82	1275	765
	P2-S	n.d	6	n.d	107	n.d	510
	P2-M	n.d	4	n.d	490	n.d	459
	P2-F	n.d	4	n.d	173	n.d	714
Zona longínqua A	P1-S	5	6	163	158	1428	714
	P1-M	5	4	112	291	1173	612
	P1-F	5	5	281	163	1377	714
	P2-S	n.d	5	n.d	439	n.d	1071
	P2-M	n.d	5	n.d	148	n.d	714
	P2-F	n.d	4	n.d	388	n.d	918
Zona longínqua B	P1-S	5	5	607	275	714	816
	P1-M	5	5	418	321	867	510
	P1-F	5	4	199	173	306	408
	P2-S	n.d	5	n.d	153	n.d	408
	P2-M	n.d	4	n.d	250	n.d	612
	P2-F	n.d	4	n.d	362	n.d	612
	P3-S	n.d	5	n.d	230	n.d	561
	P3-M	n.d	4	n.d	209	n.d	663
	P3-F	n.d	4	n.d	173	n.d	510

Avaliação do pH e da matéria inorgânica no solo do mangal da área de reflorestamento de Icídua no estuário dos Bons Sinais-Quelimane.

**Anexo 4** – Valores de concentrações de fosfato e silicato obtidos depois de ser considerado o factor de diluição.

Amostragem	Perfis	1ª Saída	2ª Saída	1ª Saída	2ª Saída
		PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L)	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L)	SiO <sub>2</sub> (mg/L)	SiO <sub>2</sub> (mg/L)
Zona proximal	P1-S	147	81	78	104
	P1-M	181	73	n.d	104
	P1-F	142	66	104	156
	P2-S	n.d	81	n.d	78
	P2-M	n.d	71	n.d	52
	P2-F	n.d	67	n.d	130
Zona intermédia	P1-S	252	51	78	104
	P1-M	197	75	104	156
	P1-F	143	73	52	78
	P2-S	n.d	71	n.d	78
	P2-M	n.d	70	n.d	104
	P2-F	n.d	66	n.d	156
Zona longínqua A	P1-S	166	79	78	104
	P1-M	145	68	130	130
	P1-F	146	70	52	156
	P2-S	n.d	128	n.d	104
	P2-M	n.d	72	n.d	156
	P2-F	n.d	69	n.d	130
Zona longínqua B	P1-S	133	119	78	52
	P1-M	144	78	104	104
	P1-F	154	64	104	182
	P2-S	n.d	110	n.d	78
	P2-M	n.d	109	n.d	130
	P2-F	n.d	106	n.d	78
	P3-S	n.d	66	n.d	182
	P3-M	n.d	104	n.d	208
	P3-F	n.d	106	n.d	130