

## **PEDOESTRATIGRAFIA EM LAGOAS SALINAS NO PANTANAL DA NHECOLÂNDIA-MS**

Pedostratigraphy of Saline Lakes in Pantanal wetland Nhecolândia-MS

Pedoestratigrafía en el Laguna Salina en el Pantanal da Nhecolândia-MS

Milto Ferreira Neto  
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
[milto.kusca@gmail.com](mailto:milto.kusca@gmail.com)

### **Resumo**

As lagoas salinas são ambientes típicos do Pantanal da Nhecolândia. Estudos recentes apontam para melhoria climática nos últimos 3.300 anos, com a possibilidade de maior alcalinização destas lagoas salinas nos últimos 910 anos. Esses processos de mudanças climáticas para ambientes mais úmidos podem interferir na organização pedoestratigráficas. Deste modo, o presente artigo tem como objetivo apresentar as características pedoestratigráficas de duas lagoas salinas do Pantanal da Nhecolândia. Com a utilização de sensores remotos, determinou-se a área de amostragem, que posteriormente em campo, foi mensurado o pH e condutividade elétrica para validar as características químicas básicas de uma lagoa salina. Foram coletados dois testemunhos em cada lagoa, um no interior próximo a lâmina d'água e outro na porção mais elevada, denominada localmente de cordilheira. Posteriormente, em laboratório, o material foi dividido em unidades de acordo com a cor e textura. Após o fracionamento, o material passou por peneiramento para análise granulométrica e estatística. Como resultado, tem-se que a textura que predomina ao longo de todos os perfis é de areia fina, contudo, nos ambientes do interior das salinas, há maior variação entre as características dos grãos, enquanto que nas cordilheiras a distribuição do material é mais homogênea. A cor das amostras evidencia a relação próxima com o hidromorfismo, pois no interior das lagoas está presente a coloração Gley. Enquanto nas cordilheiras, devido a elevação, a pedogênese está mais relacionada a interação com a vegetação, o que é bem menos intenso, preservando melhor os registros deposicionais, do que os ambientes sob influência da água.

**Palavras-chave:** Granulometria; hidromorfismo; solos; mudanças ambientais; sedimentação.

### **Abstract**

The saline lakes are typical environment in the Nhecolândia a region of the Pantanal wetland.

Recent research demonstrates a climatic change with increase of humidity last 3,000 years and alkalization of saline lakes last 910 years. This process of the climatic change for wetland environment can to interfere in pedostratigraphic organization. So, the aim this

paper is presents the pedostratigraphic characteristics of the two saline lakes of the Nhecolândia. Using remote sensing selected the area sampling and in fieldwork was measured the pH and electric conductivity for to validate the basic characteristics of the saline lake. Were collected two samples of lakes: one inside near water and one in area more elevated topographically which has the local name of "cordilheira". After in laboratory the samples were fractionated using color and texture. This fractionated material was analyzed granulometric and statistic. As a result we have predominant texture in all profile are fine sand but in inside of saline lake there is greater variation of the grain characteristic while in the cordilheira the distribution of type of grain is homogeneous. The color of samples evidence the relationship with hydromorphism because inside of lake is Gley color. While cordilheira with elevation the process pedogenic it is related interaction with vegetation that are less intense preserving the depositional records better than in environments under influence of water.

**Keywords:** Granulometry; hydromorphism; soil; environmental changes; sedimentation.

### **Resumen**

Los lagos alcalinos (lagunas salinas) son ambientes típicos del Pantanal de Nhecolândia. Estudios recientes apuntar a un aumento de la humedad en los últimos 3.300 años, con la posibilidad de una mayor alcalinización de estas lagunas salinas en los últimos 910 años. Estos procesos de cambio climático para entornos más húmedos pueden interferir con la organización pedoestratigráfica. Por lo tanto, este artículo tiene como objetivo presentar las características pedoestratigráficas de dos lagunas salinas en el Pantanal da Nhecolândia. Con el uso de sensores remotos determinado el área de muestreo que más tarde en el campo, se midió el pH y la conductividad eléctrica para validar las características químicas básicas de una laguna salina. Fueron recolectaron dos núcleos en cada laguna, uno en el interior cerca del nivel del agua y el otro en la porción más alta, localmente llamada la "cordillera". Más tarde, en el laboratorio, el material se dividió en unidades según el color y la textura. Después del fraccionamiento, el material se tamizó para análisis granulométrico y estadístico. Como resultado, la textura que prevalece en todos los perfiles es arena fina, pero, en los ambientes interiores de las lagunas, existe una mayor variación entre las características de los granos, mientras que en las cordilheiras la distribución del material es mayor homogéneo. El color muestra la estrecha relación con el hidromorfismo, ya que el interior de las lagunas está presente con la color de Gley. En cuanto que en las cordilheiras, debido a la elevación, la pedogénesis está más relacionada con la interacción con la vegetación, que es mucho menos intensa, preservando mejor los registros de depósito, que los ambientes bajo la influencia del agua.

**Palabras clave:** Granulometria; hidromorfismo; suelos; cambios ambientales; sedimentación.

## Introdução

O Pantanal é a unidade geomorfológica das planícies da Bacia do Alto Paraguai (BAP). É uma superfície topograficamente plana que consorciada com a concentração das chuvas nas estações primavera e verão, proporcionam inundações anualmente. Além das planícies, na BAP, têm-se as unidades geomorfológicas dos planaltos e depressões (FRANCO e PINHEIRO (1982); ADÁMOLI, 1986; SORIANO, 1996).

Com 147.574 km<sup>2</sup> de área entre o Brasil, Bolívia e Paraguai, desta 138.183 km<sup>2</sup> estão no Brasil, entre os estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul (BRASIL, 2004; SILVA e ABDON, 1998).

O Pantanal foi caracterizado por Assine et al. (2015) como sistemas fluviais meandrantos e anastomosados e de leques fluviais. Dentre os leques, o do rio Taquari é o maior deles. É apresentado, inicialmente, por Braun (1977) como um macroleque aluvial com aproximadamente 50.000 km<sup>2</sup> e, posteriormente, denominado de megaleque fluvial, de acordo com Assine (2003).

O rio Taquari atravessa o leque praticamente ao meio, no sentido E-W, sendo a porção sul conhecida como Nhecolândia. Essa região é amplamente conhecida por apresentar inúmeras lagoas, algumas com água salobra normalmente com pH próximo de 9. Neste contexto, segundo Sakamoto et al. (1996), além das lagoas salinas, a Nhecolândia é formada por algumas unidades, são elas: as baías (lagoas de água doce), cordilheiras (feições elevadas com cobertura vegetal arbórea que circundam as lagoas), vazantes (sistema largo e raso que drena a planície) e corixos (sistema estreito e profundo que drena a planície).

Evolutivamente, o Pantanal está sofrendo deposição desde o Cenozóico após o último pulso compressional nos Andes e abatimento do interior da América do Sul, formando assim, a bacia sedimentar do Pantanal (ALMEIDA, 1959; USSAMI et al., 1999). Deste modo, a contínua deposição de sedimentos ao longo do tempo, formou um complexo trato deposicional pelos seus sistemas fluviais com cerca de 500 m de profundidade (ASSINE; SOARES, 2004; ASSINE et al., 2015).

De acordo com as teorias de formação das unidades da Nhecolândia, Wilhelmy (1958 apud AB'SABER, 1988) explica que a área das lagoas possivelmente foi formada por cursos de rios meandrantos nos quais impossibilitavam o acesso de águas superficiais nas lagoas, formando, assim, diques marginais e lagoas isoladas. Contudo, Almeida (1945)

considera que a origem da forma das lagoas salinas (os embaciados circundados por elevações) está relacionada ao retrabalhamento eólico tendo com indícios as características granulométricas. Neste sentido, algumas pesquisas foram realizadas corroborando com esta proposta, como Tricart (1982), Klammer (1982) e Clapperton (1993).

Apesar da expectativa de que os processos de alcalinização de água pudessem ser também pretéritos, Barbiero et al. (2002) consideram que esses processos estão ativos e não dependentes de paleoprocessos de climas mais secos. Recentemente, McGlue et al. (2017) identificaram que as lagoas, hoje salinas, passaram de um ambiente de água doce para salobra, há aproximadamente 910 anos antes do presente, em virtude de melhoria climática.

Essas variações climáticas interferem nos processos pedológicos do Pantanal. Deste modo, essas melhorias climáticas podem ocasionar maiores níveis de inundação, permitindo diferentes intensidades de pedogênese associado ao hidromorfismo, pois, segundo Orioli et al. (1982), os solos no Pantanal são 58% hidromórficos.

Expandir os conhecimentos acerca das características pedoestratigráficas do Pantanal da Nhecolândia torna-se necessário para compreender ainda mais os processos evolutivos desta área tão singular do Pantanal. Assim, o presente artigo tem por objetivo apresentar a caracterização e discussão sobre a condição pedoestratigráfica na área de duas lagoas salinas no Pantanal de Nhecolândia.

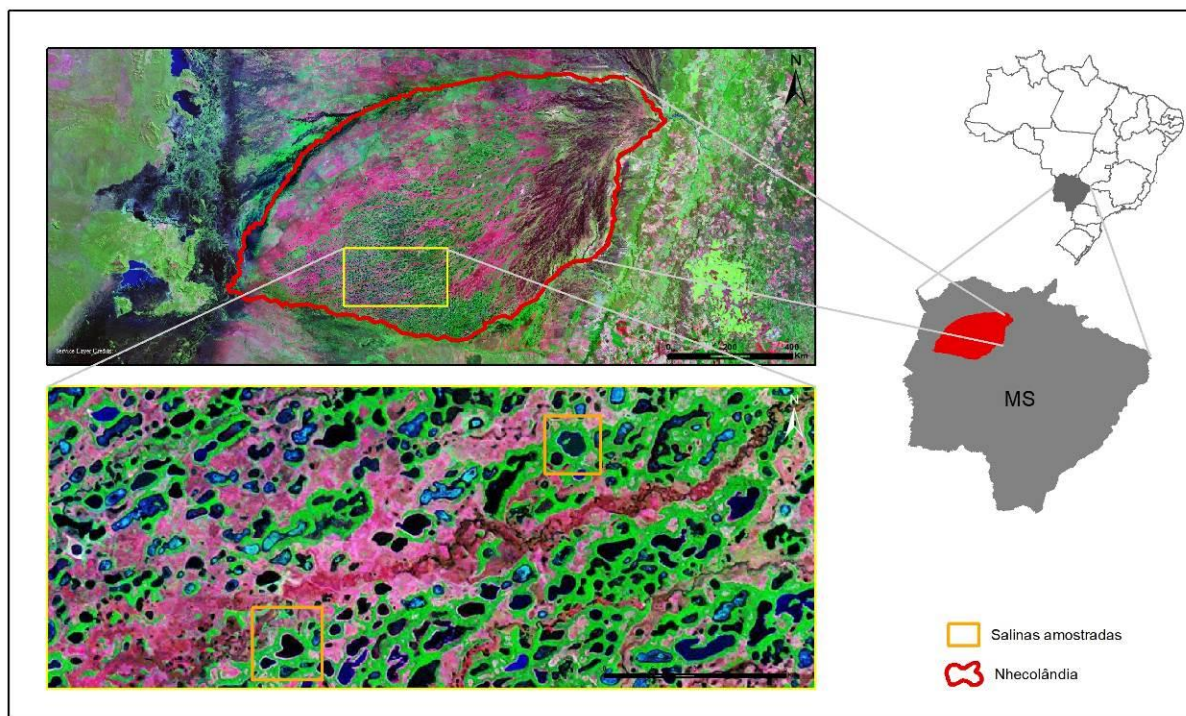
## **Material e métodos**

### **Área de estudo**

A Nhecolândia é limitada pelo rio Taquari ao norte, pelo rio Negro ao sul e a leste e o rio Paraguai a oeste, abrangendo área de aproximadamente 24.737 km<sup>2</sup> (SILVA; ABDON, 1998). O clima é tropical, com duas estações bem definidas: verão chuvoso e inverno seco. É classificado como Awa segundo Köppen, com temperaturas médias de 25°C e temperatura média do mês mais frio superior a 18°C. A média de precipitação é de 1.000 mm com anos mais chuvosos pode chegar a 1.513,5 mm e em períodos mais seco e com intensa evapotranspiração pode apresentar elevado déficit hídrico de até 300 mm (ALFONSI; CAMARGO, 1986; ZAVATINI, 1990; SORIANO, 1996).

As lagoas salinas analisadas nesta pesquisa (Figura 1) estão localizadas na porção sul da Nhecolândia, próximas dos limites sul do leque do Taquari. A lagoa salina 1 está a

aproximadamente 22 km do rio Negro, com coordenadas geográficas 19°23'29"S; 56°20'33"W. A salina 2 está a aproximadamente 31 km do rio Negro com coordenadas geográficas 19°19'48"S; 56°15'14"W (Figuras 1 e 2).



**Figura 1** – Área de estudo. A cor verde representa as áreas arbóreas, normalmente as partes elevadas (cordilheiras). Em azul e preto, estão identificadas as águas das salinas e lagoas de água doce (baías). Em tons avermelhados são as área de gramíneas no período seco, sendo que estas estão em nível topográfico intermediário em relação as lagoas e cordilheiras. Fonte: Mosaico de imagens Landsat TM, disponível em: earthexplorer.usgs.gov. Fonte: Próprios autores.

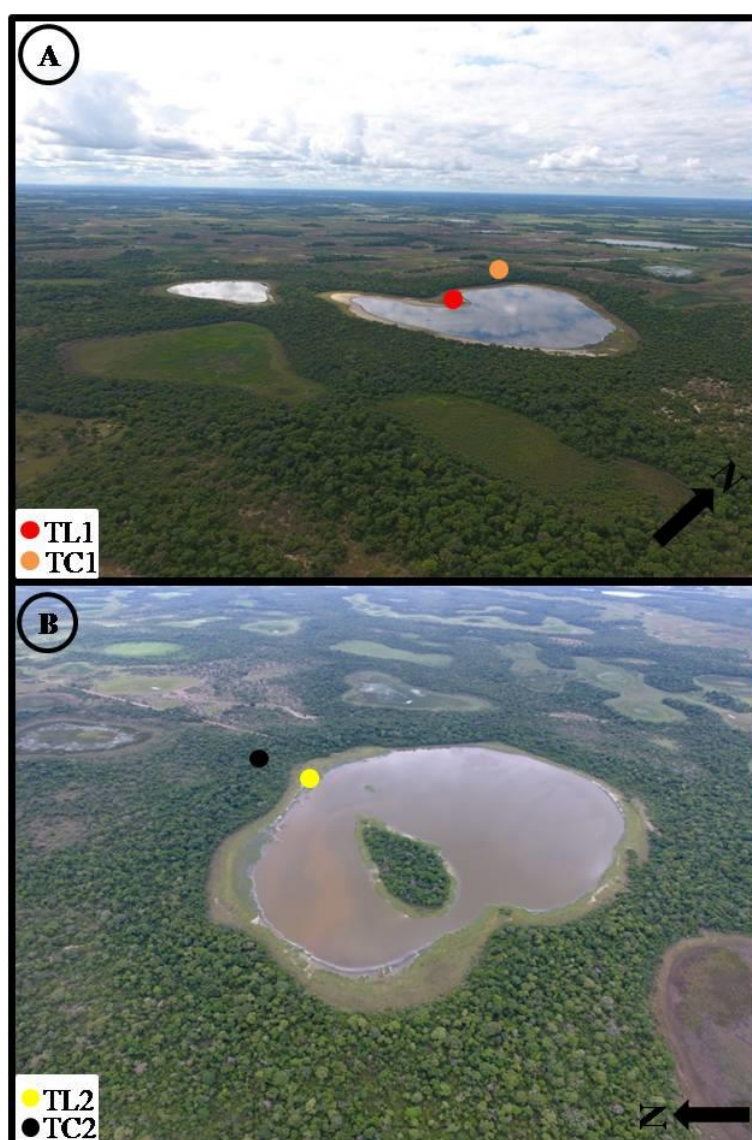
## Amostragem

Primeiramente, em gabinete, foram utilizados dados de elevação da missão SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*-NASA), adquiridos no *site* do serviço geológico norte-americano (USGS). Também foram utilizadas imagens de alta resolução oferecidas pelo *software* ArcGis. No próprio *software* ArcGis esses dados de sensores remotos foram utilizados para identificação de lagoas salinas para serem amostradas.

Posteriormente, em campo, algumas lagoas foram visitadas para validar o estado de conservação das condições naturais identificadas em gabinete, além de coletar

informações de pH e condutividade para confirmar as características. Depois dessas atividades, foram selecionadas as referidas lagoas salinas.

Optou-se por amostrar as lagoas em dois pontos distintos quanto a topografia. Esta amostragem ocorreu para identificar possíveis diferenças na estrutura pedoestratigráfica relacionadas a níveis de hidromorfismo pelo nível da água das lagoas salinas. Deste modo, os pontos amostrados em cada lagoa salina foram: um na área deprimida no interior das lagoas salinas (TL1 e TL2) próximo da lâmina d'água; e o outro ponto nas porções mais elevadas das cordilheiras (TC1 e TC2) que circundam as respectivas lagoas salinas (Figura 2).



**Figura 2** – Vista aérea das lagoas salinas amostradas. Em A: pontos amostrados na lagoa salina 1; Em B: pontos amostrados na lagoa salina 2. Em destaque colorido os pontos onde foram coletadas as amostras.

Fonte: Próprios autores.

Em TL1, a área é plana, com suave aclive no sentido W com cobertura vegetal de rala a ausente de gramíneas. O ponto TC1 está a aproximadamente 3,5 m de altura do nível da lâmina d'água da lagoa salina e a 500 m de distância do TL1. A área também é relativamente plana com Vegetação Florestal de Cerradão/Floresta Estacional Semidecídua.

As amostras TL2 e TC2 apresentam condições topográficas e de vegetação semelhantes as amostras da salina 1 e cordilheira 1. As diferenças são: aclive na direção da cordilheira de TC2 é no sentido NE; distância entre TL2 e TC2 é de 200 m; e a amostra TC2 está a aproximadamente 3,1 m de altura do nível da lâmina d'água.

O método para a obtenção das amostras consistiu na utilização de tubos de alumínio de 3" de diâmetro, assim como em outros trabalhos já realizados no Pantanal da Nhecolândia (MCGLUE et al., 2017; BECKER et al., 2018; GUERREIRO et al., 2018).

### **Procedimentos de análise**

Após a retirada dos tubos, estes foram tampados nas extremidades com membrana de PVC a fim de se preservar o material durante o transporte para serem abertos em laboratório.

Com os tubos abertos ao meio, realizou-se a separação das amostras seguindo as características de textura e cor baseando-se na tabela de Munsell.

As amostras separadas foram expostas ao ambiente dentro de recipientes para obter TFSA (Terra Fina Seca ao Ar) e posteriormente destorroadas, obtendo porções de 100g pesadas numa balança de precisão (Figura 3).



**Figura 3** – Pesagem das amostras separadas. Em A, pesagem de 100 gramas de amostra na balança analítica. Em B, as amostras sendo secas no método de TFSA.  
Fonte: Próprios autores.

Para finalizar a etapa de laboratório, as amostras foram passadas pelo agitador de peneiras com malhas de aberturas: 2 mm, 1mm, 0,5 mm, 0,25 mm, 0,125 mm, 0,062 mm, seguindo a proposta de Wentworth (SUGUIO, 1980), fracionando, portanto, areia muito grossa, areia grossa, areia média, areia fina, areia muito fina e silte/argila.

Os dados obtidos foram analisados mediante tratamentos estatísticos de forma exploratória, a partir dos dados físicos em relação aos ambientes amostrados. Para isso, foi realizada Análise dos Componentes Principais (PCA) em que todos os valores foram padronizados. Isso possibilitou comparações, considerando que existe discrepância entre os valores das variáveis predictoras. Ao avaliar se os dados apresentam tendência de formar agrupamentos entre as diferentes camadas, foi realizado análise de *cluster* hierárquico utilizando a mesma base de dados anterior. Nas análises estatísticas, foram utilizados os pacotes FactoMineR, factoextra, cluster e ggplot2 pelo *software* R! 3.6.0.

## Resultados e discussão

Os valores registrados de pH e condutividade foram 10,24 e 3340  $\mu\text{S}/\text{cm}$  respectivamente da salina 1. Na salina 2, os resultados foram de pH 10,39 e condutividade 1660  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Estes dados caracterizam estas lagoas como salinas, pois estão com pH



variando entre 9 e 11 e a condutividade elétrica ultrapassando 1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (SAKAMOTO et al., 1996; OLIVÉRIO et al., 2018).

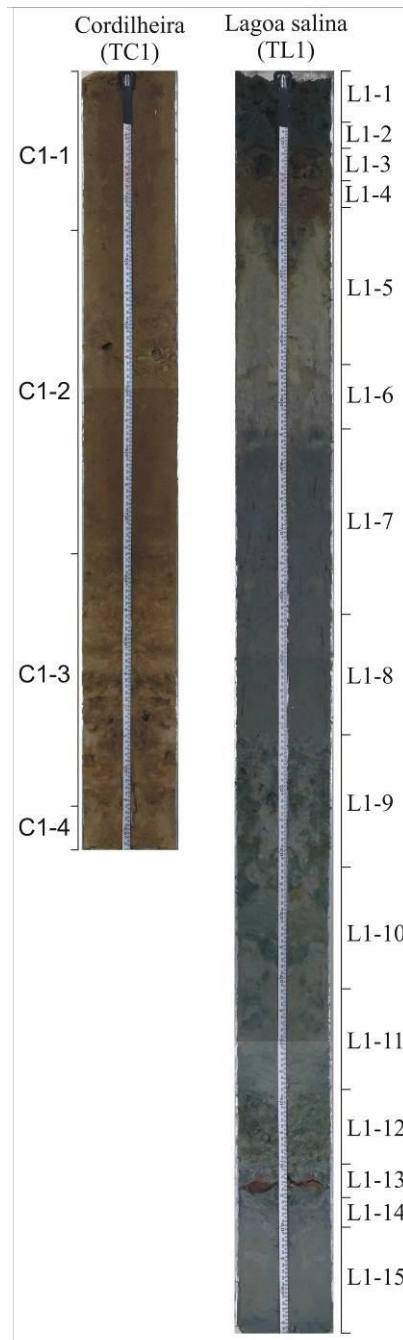
### Lagoa salina 1

A mostra atingiu a profundidade de 197 cm, sem apresentar estrutura sedimentar. Utilizando como parâmetro cor e textura, foi dividida em 15 camadas conforme o Quadro 1 e a Figura 4.

**Quando 1** – Fracionamento das camadas e as respectivas profundidades da lagoa salina 1 e da cordilheira da lago salina 1.

<b>Salina 1</b>		<b>Cordilheira da salina 1</b>	
<b>Camadas</b>	<b>Profundidade (cm)</b>	<b>Camadas</b>	<b>Profundidade (cm)</b>
L1-1	0 - 7	C1-1	0 - 25
L1-2	7 - 11	C1-2	25 - 76
L1-3	11 - 16	C1-3	76 - 116
L1-4	16 - 20	C1-4	116 - 123
L1-5	20 - 44		
L1-6	44 - 54		
L1-7	54 - 83		
L1-8	83 - 102		
L1-9	102 - 121		
L1-10	121 - 136		
L1-11	136 - 158		
L1-12	158 - 170		
L1-13	170 - 174		
L1-14	174 - 180		
L1-15	180 - 197		

Fonte: Próprios autores.



**Figura 4** – Amostras coletadas na lagoa salina 1 (TL1) e na cordilheira da lagoa salina 1 (TC1).

Fonte: Próprios autores.

Em TL1, apresenta que em L1-1 a coloração é verde muito escura acinzentada (5GY 3/2) com concreções milimétricas. Em L1-2 há coloração verde muito escuro acinzentado (Gley1 2.5/5G\_/2) também contendo macro e micro concreções. Na L1-3 possui cor preta esverdeada (Gley1 2.5/10Y).

Em L1-4 a coloração é bruno escuro (7.5YR 3/3) com concreções centimétricas em tons bruno oliváceo (2.5Y 4/4). Em L1-5 a cor é cinzenta (2.5Y 6/1) com presença de poucos veios de matéria orgânica e concreções milimétricas.

Em L1-6 a cor do material é cinzenta (2.5Y 5/1) com maior acúmulo de matéria orgânica em veios em relação à L1-15. Em L1-17 ocorre cor cinzenta muito escura (2.5Y 3/1) com grande quantidade de matéria orgânica em veios.

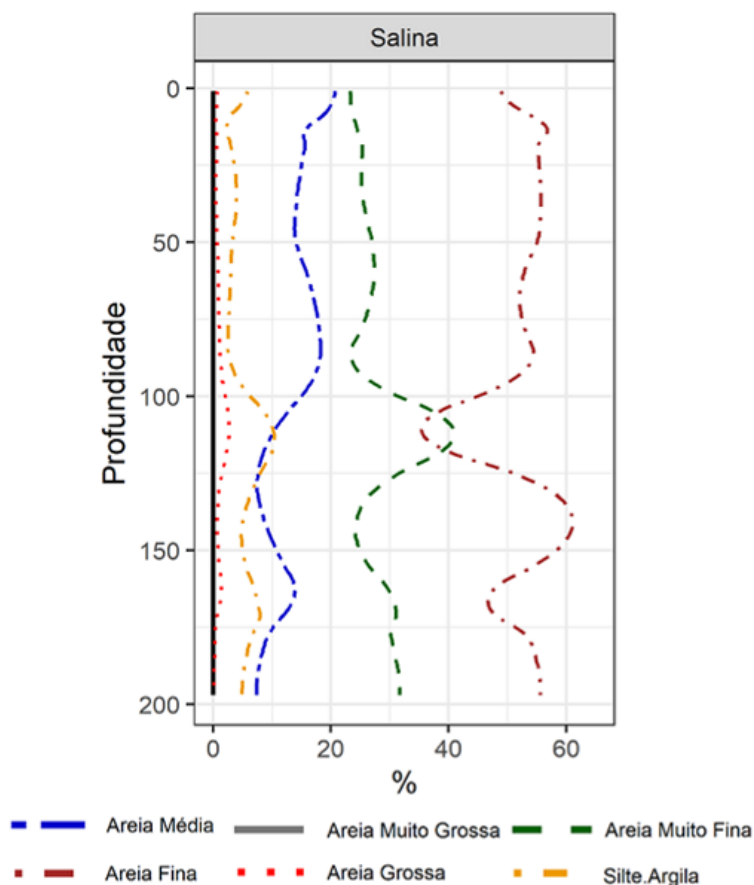
Na L1-8 também apresentou cor cinzento escuro, porém, com pouca diferença em relação ao a camada anterior, sendo classificada como 2.5Y 4/1, onde também se encontrou grande quantidade de matéria orgânica em veios. Com transição abrupta, L1-9 apresentou coloração mosqueada entre cinzento e esverdeada (Gley1 5/10GY) e concreções centimétricas cinzento oliváceo claro (2.5Y 5/6).

A camada L1-10 tem coloração verde muito escuro acinzentado (Gley1 3/5G\_2) mosqueada com presença de concreções em tons cinzentos oliváceo clara (2.5Y 5/6), praticamente mantida a coloração, em L1-11 a coloração é cinza esverdeado (Gley1 5/5G\_1).

Já a transição para L1-12 foi abrupta, quando se identificou coloração verde acinzentado (Gley1 5/5G\_2), com concreções de mesma coloração, sendo elas de tamanhos centimétricos. Posteriormente, em L1-13, com fina camada em transição abrupta, tem-se coloração vermelho escuro (2.5YR 3/6).

A profundidade L1-14 tem coloração cinzenta azulado (Gley2 5/5B) ocorrendo numa camada de 2 cm e transição suave para L1-15, que apresenta coloração cinzenta olivácea (5Y 5/2) uniforme em toda a camada.

Na Figura 5 é possível verificar como as frações granulométricas comportam com a variação da profundidade do perfil. Nota-se a maior concentração é de areia fina em quase toda a extensão da do horizonte, com média de 51,97%. Somente a camada L1-9 (102 a 121 cm), apresentou diferença em relação as outras profundidades, sendo sua maior concentração em areia muito fina, no valor de 42,67%, concomitante a diminuição de areia fina para 33,1%. Também em L1-9 observou-se a maior concentração de areia grossa (2,89%) sendo acima da média de toda amostra do tubo (0,88%) e maior concentração de silte/argila (10,84%) acima da média (5,11%).



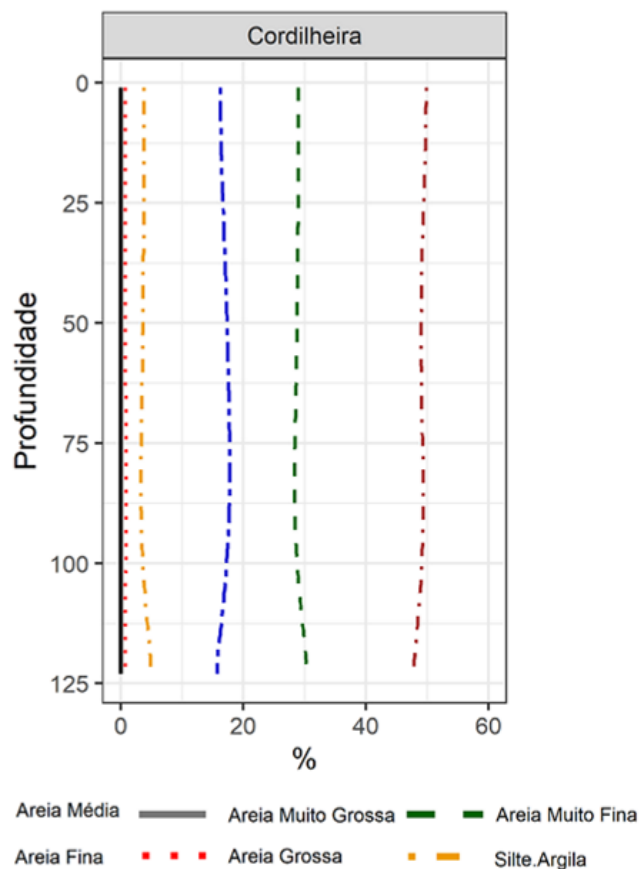
**Figura 5** – Característica granulométrica da amostra da lagoa salina 1 (TL1).  
 Fonte: Próprios autores.

A profundidade da amostra da cordilheira da lagoa salina 1 foi de 123 cm, também sem apresentar estrutura sedimentar. Baseando-se na cor e textura da amostra, foi dividida em 4 camadas conforme o Quadro 1 e a Figura 4. De modo geral, a amostra TC1 não apresenta variações tão significativas na coloração.

Em C1-1 a coloração bruno escuro (10YR 3/3) com presença de algumas raízes milimétricas. Em C1-2 de coloração bruno amarelado escuro (10YR 4/4) há raízes com maior espessura do que em C1-1.

Em C1-3 com coloração bruno amarelo escuro (10YR 3/6) com pouca presença de raízes. Em C1-4 ocorre coloração bruno amarelo claro (10YR 6/4).

Na Figura 6 é possível verificar que a maior parte do material foi classificado como areia fina, e a porcentagem das frações se mantém constante com a variação da profundidade, com média de 48,98%. As médias entre as frações granulométrica foram: areia muito fina 29,18%, areia média 16,73%, silte/argila 3,97% e areia grossa 0,80%.



**Figura 62** – Característica granulométrica da amostra da cordilheira da lagoa salina 1 (TC1).

Fonte: Próprios autores.

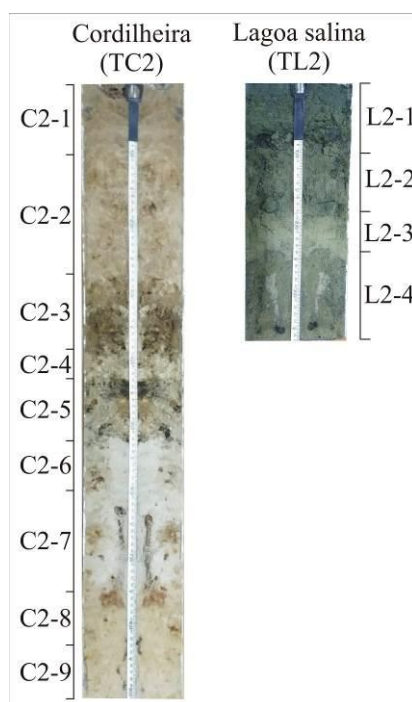
## Lagoa salina 2

O material apresentava-se muito concrecionado, não permitindo atingir maiores profundidades, assim, a mostra do interior da lagoa salina 2 atingiu profundidade de 37 cm, sendo separada em 4 camadas (Quadro 2 e a Figura 7).

**Quando 2** – Fracionamento das camadas e as respectivas profundidades da lagoa salina 2 e da cordilheira da lago salina 2.

Salina 2		Cordilheira salina 2	
Camadas	Profundidade (cm)	Camadas	Profundidade (cm)
L2-1	0 - 10	C2-1	0 - 10
L2-2	10 - 18	C2-2	10 - 27
L2-3	18 - 24	C2-3	27 - 38
L2-4	24 - 37	C2-4	38 - 41
		C2-5	41 - 52
		C2-6	52 - 60
		C2-7	60 - 75
		C2-8	75 - 83
		C2-9	83 - 91

Fonte: Próprios autores.

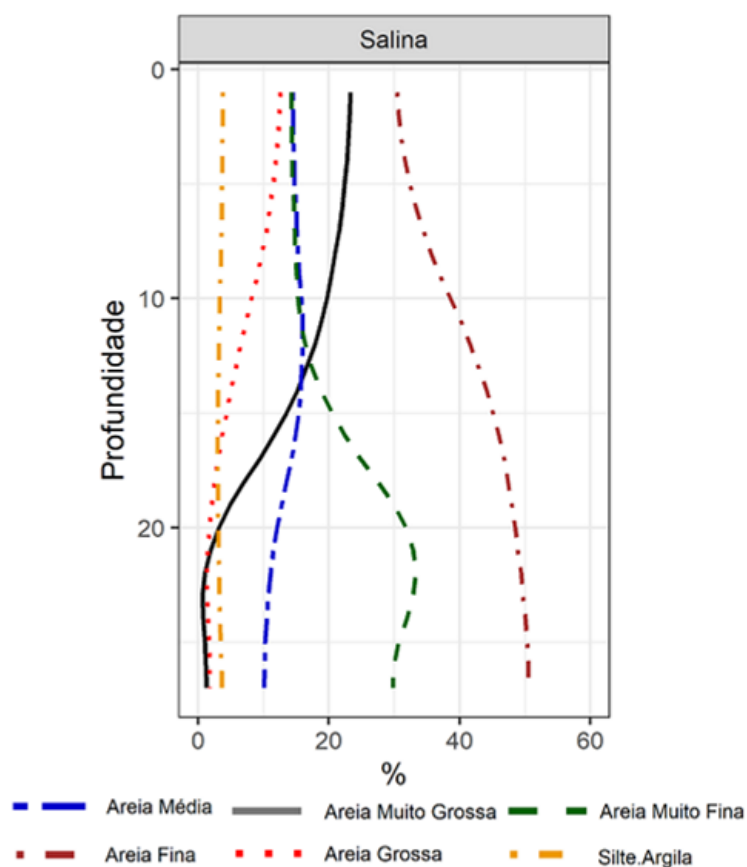


**Figura 7** – Amostras da lagoa salina 2 (TL2) e da cordilheira da lagoa salina 2 (TC2).  
Fonte: Próprios autores.

Na lagoa salina 2 (TL2) as cores variaram pouco, permanecendo na tonalidade do Gley. Sedo L2-1 Gley1 2.5/ 5G\_/1 mosqueado com Gley1 4/5G\_/1 e Gley2 2.5/5B, com presença de concreções centimétricas. Na profundidade entre 10-18 cm (L2-2) predominou Gley1 4/10Y mosqueado com Gley2 2.5/5B, também com presença de concreções centimétricas.

Em L2-3 houve predomínio de Gley1 8/10GY e na base da amostra (L2-4) teve-se predomínio da cor Gley1 7/5G\_1 mosqueado com Gley1 8/N, com presença de concreções centimétricas.

O resultado da granulometria da lagoa salina 2 (Figura 8) mostra predominância maior de grãos finos e muito finos, assim como na lagoa salina 1, mas a diferença existente foi quanto as areias grossas, as quais estão mais presentes.



**Figura 8** – Característica granulométrica da lagoa salina 2 (TL2).  
Fonte: Próprios autores.

A mostra da cordilheira da lagoa salina 2 foi coletada até a profundidade de 91 cm, também não apresentou estrutura sedimentar. A cor e textura permitiram separar a amostra em 9 camadas conforme o Quadro 2 e a Figura 7.

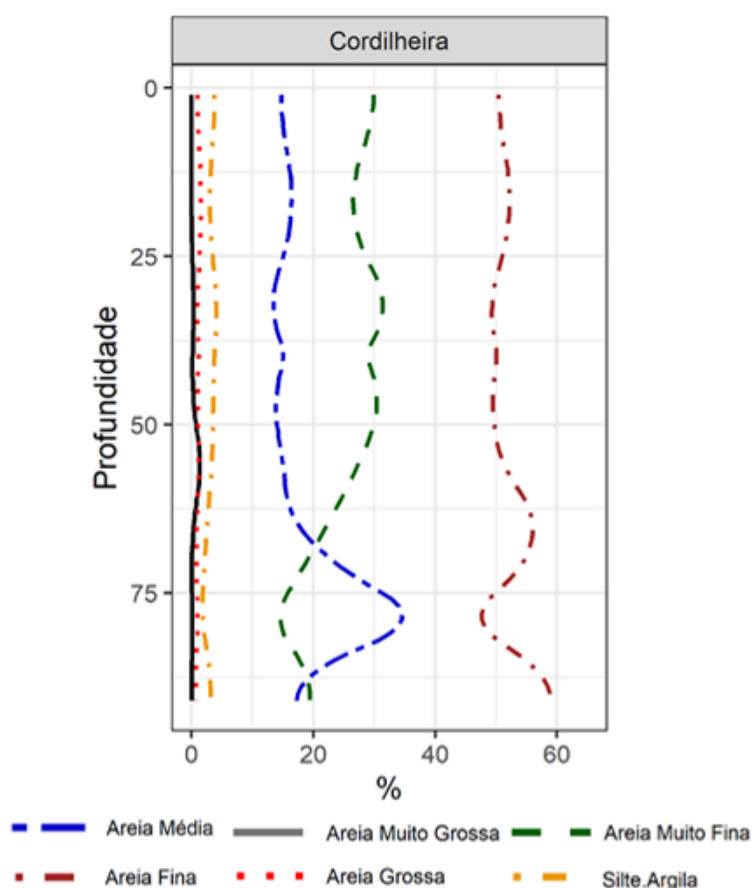
Como resultado da identificação das cores da amostra da cordilheira da salina 2, obtive em C2-1 a predominância de 7.5YR 4/4 mosqueado com 7.5YR 6/4, mantendo-se bem próximo da profundidade C2-2 com predominância 7.5YR 8/3 mosqueado com 7.5YR 5/4, sem muitas variações.

Em C2-3 predominou-se a cor 10YR 7/2 mosqueado com 10YR 8/2 e 10YR 6/4, com presença de matéria orgânica. Em C2-4 há uma pequena mudança, agora com predomínio da cor 7.5YR 7/2 mosqueado com 7.5YR 5/2 e 2.5YR 4/6.

Em C2-5 predominou 7.5YR 7/2 mosqueado com 2.5Y 2.5/1, assim como em C2-3 há presença de matéria orgânica. Em C2-6 e C2-7 tem predomínio de 7.5YR 8/2 mosqueado com 7.5YR 6/6 juntamente com a presença de raízes centimétricas

Na base da amostra (C2-8 e C2-9) também não apresentaram grandes diferenças, mantiveram a predominância de 10YR 7/6 mosqueado fracamente com 10YR 8/4 e 5YR 4/6, juntamente com a presença de raízes centimétricas.

O resultado da granulometria da cordilheira da salina 2 (Figura 9) demonstra a predominância de grãos finos, muito finos e em alguns casos quantidade significativa de areia média.



**Figura 9** – Característica granulométrica da cordilheira da lagoa salina 2 (TC2).  
Fonte: Próprios autores.



## **Análises comparativas**

Apesar da pouca distância entre os pontos amostrados (lagoa e cordilheira), a cor do material é o ponto mais marcante entre eles. Este fato está relacionado aos processos pedogenéticos ligados a ambientes mal drenados. A localização topográfica da amostra, associada ao nível de inundação proporciona intensidade diferente de hidromorfismo. Assim, o material que está no interior das salinas nas partes mais deprimidas apresenta cores esverdeadas e acinzentadas. A coloração ao longo dos perfis das lagoas salinas é semelhantes aos encontrados em outros estudos por Furquim (2007), Barbiéro et al. (2000) e Barbiéro et al. (2002), cujos trabalhos demonstram a importância das dinâmicas geoquímicas como alteradores do perfil pedogenético.

Conforme se distancia da lâmina d'água no sentido das cordilheiras, ou seja, elevando-se topograficamente, o material nas partes superiores não passa por processos pedogenéticos hidromórficos, mas por processos pedogenéticos relacionados à interação biológica da vegetação arbórea que cobre essas porções mais elevadas da Nhecolândia, que são processos menos intensos, assim, apresentando tons bruno escuro e bruno amarelado.

Na literatura é possível identificar que não há uma padronização na sequência das cores, variando apenas quanto à espessura dos pacotes. Em McGlue et al. (2017) a amostragem de uma lagoa salina apresentou lama escura na superfície, seguida por material claro. Somente depois de 160 cm apresentou material Gley. Outro exemplo é em Boni et al. (2016) que observou uma sequência de material bruno amarelado e em 120 cm apresentou a coloração Gley.

Segundo Furquim et al. (2010), a coloração esverdeada (argilominerais) das lagoas salinas estão associadas aos processos ligados a geoquímica relacionada às condições de salinidade. Deste modo, a amostra da salina 1, há variação do Gley na superfície e nas partes mais profundas com variação bruno no intervalo, demonstra que as argilominerais estão em migração.

Como McGlue et al. (2016) consideram que os processos de altos valores de pH são recentes, esses processos estão em ocorrência e com dinâmica de fluxo lateral junto ao freático. Silva et al. (2004), em estudos de salinas, atingiram tradagens nas cordilheiras de mais de 4 m de profundidade e verificaram que há solos Gley, corroborando com as

informações de Santos (2002) de que há relação entre o material Gley e a variação do nível freático.

Desse modo, a coloração presente nos perfis das cordilheiras está em acordo com vários trabalhos já realizados na Nhecolândia, inclusive os que analisaram cordilheiras no entorno de lagoas doces (baías) (SILVA e SAKAMOTO, 2004; SILVA et al., 2011; SAKAMOTO et al., 1996).

As concreções, de modo geral, estão possivelmente vinculadas à concentração de sais por evaporação, processos de dissolução de matéria orgânica, aos processos de oxirredução de compostos a base de ferro com a movimentação do lençol freático, como já identificado por Viana (2006).

As cordilheiras representam o ambiente mais relictivo do ponto de vista sedimentar e textural, pois a coloração já indica a fraca pedogênese. Partindo-se da hipótese de formação desses conjuntos elevados por areias, ambas as cordilheiras apresentam predominância de areias finas e muito finas, assim como identificado em estudos por Soares, Soares e Assine (2003) e Boni et al. (2020) em cordilheiras da Nhecolândia.

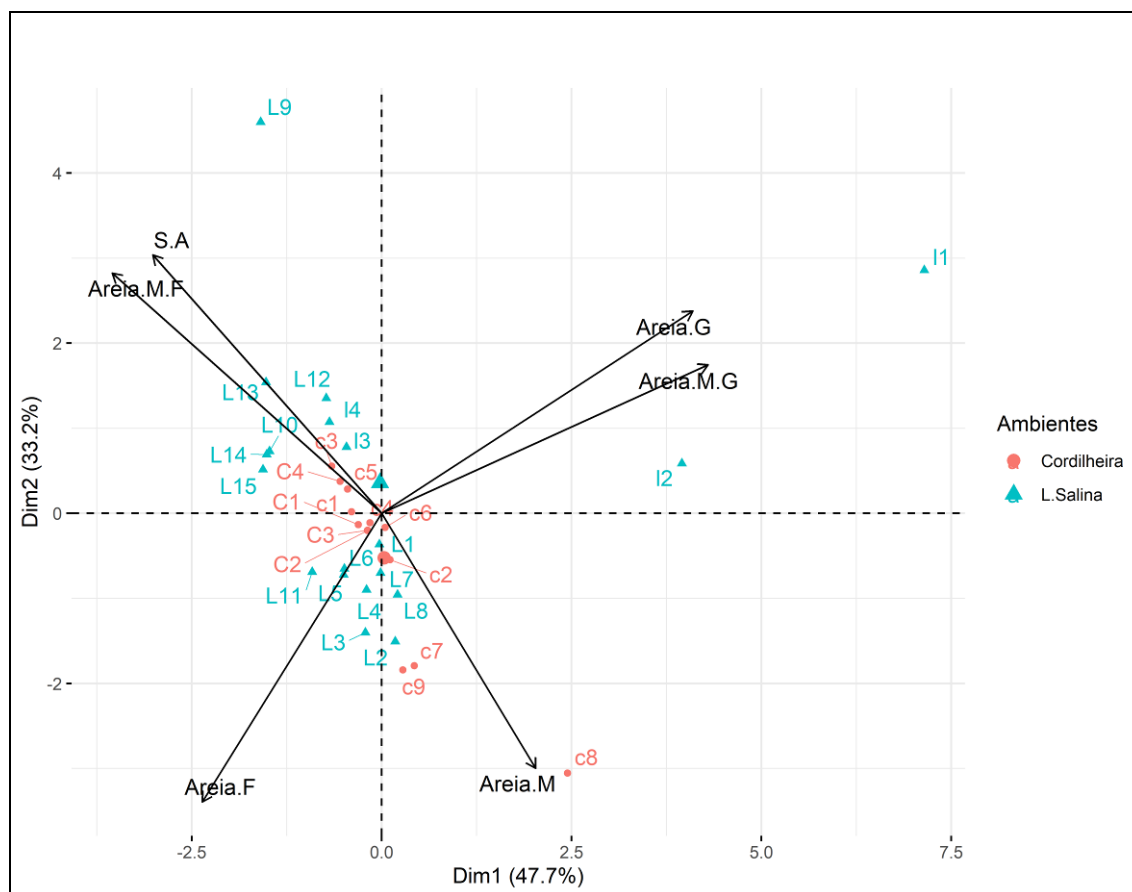
De acordo com McGlue et al. (2017) e Becker et al. (2018) ocorreu melhoria climática na Nhecolândia após 3.300 anos AP quando as salinas teriam se apresentado com água. Este momento seria quando, portanto, os processos hidromórficos teriam iniciado e também permitindo a existência de vegetação mais exuberante o que intensificaria os processos pedogenéticos nas cordilheiras.

O aumento da umidade associado ao aumento das chuvas permite também a ocorrência de escoamento superficial. Deste modo, as porções que estão entre os níveis mais profundos das salinas e o início da vegetação arbórea da cordilheira estão passando por processo deposicional laminar de material que lentamente está sendo retirado das bordas das cordilheiras. Isso explica a diferença nas características das cores no interior das salinas nas áreas de água intermitente.

Quanto às características granulométricas, a PCA demonstrou que a Dim1 explicou 47,7% e Dim2 33,2% da covariância dos dados, totalizando 80,9% (Figura 10). Pela forma da distribuição, todas as camadas das cordilheiras e lagoas se agruparam muito próximas. Os processos de sedimentação que ocorreram na cordilheira foram uniformes em termos de energia, tipo de transporte e material.

Outro aspecto é justamente a baixa pedogênese neste ambiente, cujos solos mais comuns são os Neossolos Quartzarênicos, notórios solos de morfologia pouco

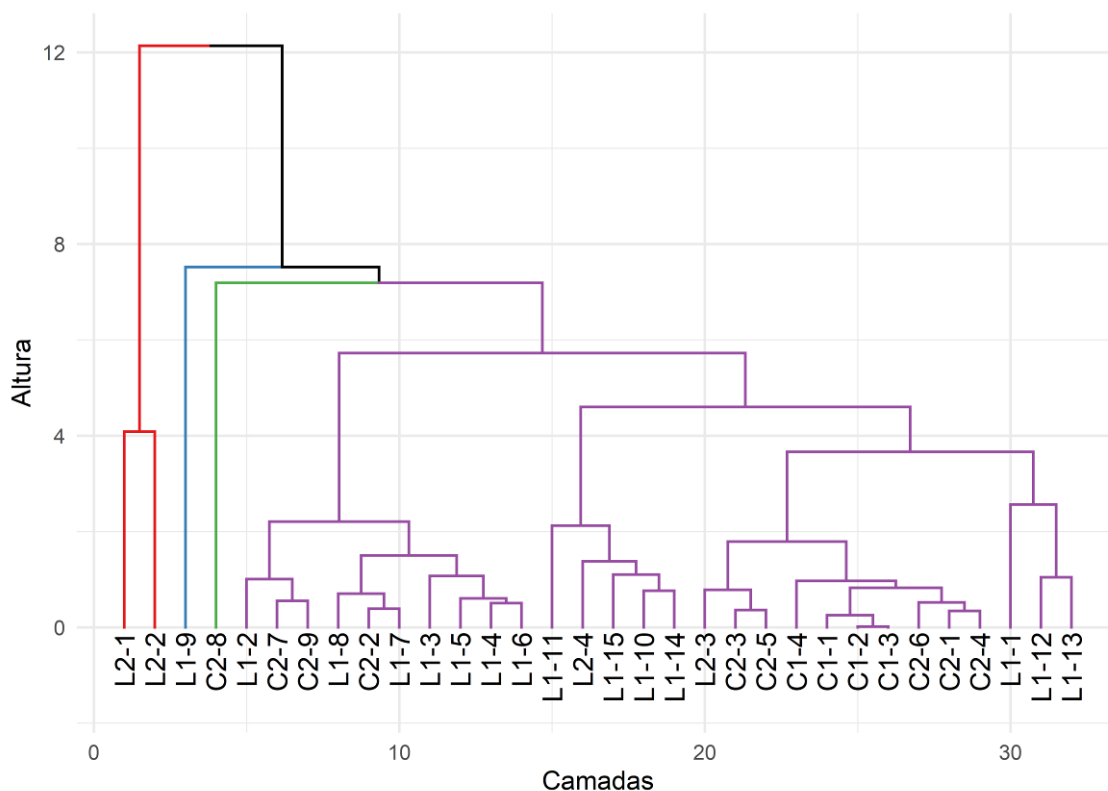
desenvolvida. As camadas destes solos são extremamente homogêneas, ocorrendo geralmente sequência de horizontes A, AC e C, diferenciando principalmente pelo teor de carbono orgânico no solo.



**Figura 103** – Análise dos principais componentes da textura da amostra da cordilheira. Fonte: Próprios autores.

Entretanto, é possível identificar algumas camadas que se distinguem das demais como as TL1-9, TL1-11, TL1-12 e TC2-8, devido à mudança abrupta da granulometria nas suas respectivas profundidades. A L1-9 com profundidade de 102 à 121 cm, teve aumento da fração areia muito fina e diminuição da areia fina, estando relacionado ao eixo de areia muito fina. A camada marca possivelmente uma transição climática, pois esta camada representa a transição entre dois grupos de camadas da lagoa salina sendo que: um deles é composto pelas camadas acima de L9, com textura mais grossa, e outro com as camadas abaixo de L9, com textura mais fina. Na camada TC2-8, que condiz com a profundidade de 75 a 83 cm, ocorreu o aumento da areia média concomitantemente com a diminuição da areia fina e muito fina.

Na Figura 11, o cluster hierárquico apresentou a formação de 5 grupos. Apenas 2 deles compõem grande parte das camadas e os outros 3 formados com apenas 1 ou 2. Esses pequenos grupos formados correspondem às camadas que se distinguiram pela variação da granulometria, como foi discutido anteriormente.



**Figura 114** – Cluster Hierárquico das áreas estudadas. Fonte: Próprios autores.

Essa característica deve-se a um misto de processos de sedimentação e pedogênese, pois o ambiente da lagoa favorece a permanência de partículas mais finas, aliado à condição biogeoquímica que possibilita a formação de argilominerais (FURQUIM et al, 2010).

Ao considerar que os dois ambientes foram formados pelos mesmos processos de sedimentação, esperava-se, portanto, a mesma organização granulométrica no perfil. Entretanto, o que se identifica é que o ambiente com maior proximidade da água a distribuição ao longo do perfil não é homogêneo, apesar das concentrações médias de grãos serem semelhantes nos dois ambientes. Assim, o dinamismo biogeoquímico ocasionado principalmente pela presença de água nos sedimentos da borda da lagoa contrasta com a baixa taxa de pedogênese nas cordilheiras.

## Considerações finais

A cordilheira apresenta grande homogeneidade a diferentes profundidades em relação a sua textura e cor. Processos sedimentares regulares, de mesma energia e mesma fonte de material, associados a baixa pedogênese são os responsáveis pela semelhança entre as camadas.

As camadas das lagoas salinas são diferentes entre si. Apresentam agrupamentos separados, com nítidas heterogeneidades em relação à cor e textura. Processos pedogenéticos mais marcantes nestes ambientes biogeoquímicos favoráveis a formação de novos minerais, explicam essas diferenças.

Entende-se, portanto, como a água e os níveis de inundação são importantes nos processos de reorganizar pedostratigráfico destes ambientes lacustres do Pantanal.

Por fim, os estudos têm avançado mostrando que independente da localização da lagoa salina na Nhecolândia, os processos pedogenéticos e deposicionais são semelhantes.

## Referências

AB'SABER, A. N. O Pantanal Mato Grossense e a teoria dos refúgios. *Revista Brasileira de Geografia*. V. 50, 1988.

AB'SÁBER, A. N. *Brasil, paisagens de exceção: o litoral e o Pantanal mato-grossense, patrimônios básicos*. Ateliê Editorial. Cotia: 2006.

ADÂMOLI, J. A dinâmica das inundações no Pantanal. In: I SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SOCIOECONÔMICOS DO PANTANAL. Corumbá, 1986. *Anais do I Simpósio sobre recursos naturais e socioeconômicos do Pantanal*, Corumbá: Embrapa-Pantanal, 1986.

ALFONSI, R. R.; CAMARGO, Marcelo Bento Paes. Condições Climáticas para a Região do Pantanal Mato-grossense. In: I SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SOCIOECONÔMICOS DO PANTANAL. Corumbá, 1986. *Anais do I Simpósio sobre recursos naturais e socioeconômicos do Pantanal*, Corumbá: Embrapa-Pantanal, 1986.

ALMEIDA, F. F. M. Traços gerais da geomorfologia do Centro-Oeste brasileiro. In: ALMEIDA, F. F. M. & LIMA, M. A. (ed.) *Planalto Centro-Occidental e Pantanal Matogrossense*. Rio de Janeiro, Conselho Nacional de Geografia, Guia de Excursão nº 1 do XVIII Congresso Internacional de Geografia. 1959, p.7-65.

ALMEIDA, F. F. M. *Geologia do Sudoeste Matogrossense*. Bol. Nº116; Div. Geol. Min. – DNPM. 118 p. Rio de Janeiro. 1945.

ASSINE, M. L. *Sedimentação na bacia do Pantanal Mato-Grossense, Centro-Oeste do Brasil*. Tese (livre-docência) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas. 2003.

ASSINE, M. L.; SOARES, P. C. Quaternary of the Pantanal, West-central Brazil. *Quaternary International*, 114: 23-24, 2004.

ASSINE, M. L.; MERINO, E. R.; PUPIM, F. N.; MACEDO, H. A.; SANTOS, M. G. M. The Quaternary alluvial systems tract of the Pantanal Basin, Brazil. *Brazilian Journal of Geology*, 45(3): 475-489, 2015.

BARBIERO, L., FURIAN, S., QUEIROZ NETO, J.P., CIORNEI, G., SAKAMOTO, A.Y., CAPELLARI, B., FERNANDES, E., VALLÈS, V. Geochemistry of water and ground water in the Nhecolândia, Pantanal of Mato Grosso, Brazil: variability and associated processes. *Wetlands*, 22, 528–540. 2002.

BARBIERO, L., QUEIROZ NETO, J.P., SAKAMOTO, A.Y., Características Geoquímicas dos Solos Relacionadas à Organização Pedológica e à Circulação da Água (Fazenda Nhumirim: Embrapa CPAP, Nhecolândia, MS). In: III SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SOCIOECONÔMICOS DO PANTANAL. Corumbá, 2000. *Anais do I Simpósio sobre recursos naturais e socioeconômicos do Pantanal*, Corumbá: Embrapa-Pantanal, 2000.

BECKER, B. F.; SILVA-CAMINHA, S. A. F.; GUERREIRO, R. L.; OLIVEIRA, E. J.; D'APOLITO, C.; ASSINE, M. L. Late Holocene palynology of a saline lake in the Pantanal of Nhecolândia, Brazil, *Palynology*, 42:4, 457-465, 2018.

BONI, P. V.; GRADELLA, F. S.; DECCO, H. F. Comparação granulométrica com vistas para o entendimento sedimentar em áreas úmidas no Pantanal da Nhecolândia-MS. *Fórum Ambiental da Alta Paulista*. v.12, n. 2, 2016.

BONI, P. V.; SILVA, M. H. S.; GRADELLA, F. S. Análise sedimentológica de uma unidade geomórfica do leste do Pantanal da Nhecolândia-MS. *Formação* (on line), v. 27, p. 201-217, 2020.

BRASIL, Agência Nacional de Águas. *Implementação de práticas de gerenciamento integrado de bacia hidrográfica para o Pantanal e bacia do alto Paraguai*. ANA/GEF/PNUMA/OEA: programa de ações estratégicas para o gerenciamento integrado do Pantanal e Bacia do Alto Paraguai: síntese executiva. Brasília: TDA Desenho & Arte Ltda., 2004. 63 p.

BRAUN, E. W. G. Cone aluvial do Taquari, unidade geomórfica marcante na planície quaternária do Pantanal. *Revista Brasileira de Geografia*. v. 39, 1977.

CLAPPERTON, C. *Quaternary Geology and Geomorphology of South America*. Amsterdam. Elsevier, 1993.

USGS. United States Geological Survey. Earth Explorer. 2014. Disponível em <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 03 jul. 2014.

FRANCO, M. S. M.; PINHEIRO, R. Geomorfologia. In. *Projeto RADAMBRASIL*. Levantamento de recursos naturais. Folha SE 21 Corumbá e parte da Folha SE 20. Rio de Janeiro, 1982. 72 p.

FURQUIM, S. A. C. *Formação de carbonatos e argilo-minerais em solos sódicos do Pantanal Sul-mato-grossense*. (tese de doutorado) - Universidade de São Paulo: São Paulo, 2007.

FURQUIM, S. A. C.; GRAHAM, R.C.; BARBIERO, L.; QUEIROZ NETO, J. P.; VIDAL-TORRADO, P. *Soil mineral genesis and distribution in a saline lake landscape of the Pantanal Wetland, Brazil*. *Geoderma*. Volume 154, p. 518-528. 2010.

GUERREIRO, R. L.; MCGLUE, M. M.; STONE, J. R.; BERGIER, I.; PAROLIN, M. CAMINHA, S. A. F. S.; WRREM, L. V.; ASSINE, M. L. Paleocology explains Holocene chemical changes in lakes of the Nhecolândia (Pantanal-Brazil). *Hydrobiologia*, 815:1-19, 2018.

KLAMMER, G. Die Palaovustes des Pantanal von Mato Grosso und die pleistozane Klimageschichte der brasilianischen Randtropen. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 1982.

MCGLUE, M. M.; GUERREIRO, R. L.; BERGIER, I.; SILVA, A.; PUPIM, F. N.; OBERCA, V.; ASSINE, M. L. Holocene stratigraphic evolution of saline lakes in Nhecolândia, southern Pantanal wetlands (Brazil). *Quaternary Research*, 1–19. 2017.

MCGLUE, M. M.; SILVA, A.; ZANI, H.; CORRADINI, F. A.; PAROLIN, M.; ABEL, E. J.; COHEN, A. S.; ASSINE, M. L.; ELLIS, G. S.; TREES, M. A.; GRADELLA, F. S.; RASBOLD, G. G. Lacustrine records of Holocene flood pulse dynamics in the Upper Paraguay River watershed (Pantanal wetlands, Brazil). *Quaternary Research*, 78(2): 285-294. 2012.

MUNSELL, R. *Soll Color Charts*. New Widson: Kollmorgen Instruments – Macbeth Division, 1994.

OLIVÉRIO, T. L.; GRADELLA, F. S.; SAKAMOTO, A. Y. Análise de parâmetros geoquímicos de lagoas do pantanal da Nhecolândia baseados nas características sazonais regionais. In: AMÉRICO, J. H. P.; BENINI, S. M.; FOLONI, F. M. (Org.). *Análise ambiental: abordagem interdisciplinar aplicada aos recursos hídricos*. Tupã, ANAP. p. 87-98, 2018.

ORIOLO, A. L.; AMARAL FILHO, Z. P.; OLIVEIRA, A. B. Pedologia: Levantamento exploratório de solos. In. *Projeto RADAMBRASIL*. Levantamento de recursos naturais. Folha SE 21 Corumbá e parte da Folha SE 20: Rio de Janeiro, 1982.

SAKAMOTO, A. Y., QUEIROZ NETO, J. P., FERNANDES, E., LUCATI, H. M., CAPELLARI, B. Topografia de lagoas salinas e seus entornos no Pantanal da Nhecolândia. In: II SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SOCIOECONÔMICOS DO PANTANAL. Corumbá, 1996. *Anais do II Simpósio sobre recursos naturais e socioeconômicos do Pantanal*, Corumbá: Embrapa-Pantanal, 1996.

SANCHEZ, R. O. *Estudo fluviomorfológico del Pantanal; regionalización, sub-regionalización y sectorización geográfica de la depression de la alta cuencadel Rio Paraguai*. [SI.]: EDIBAP. 50 p. 1977.

SANTOS, P. A. *Estudo sobre o comportamento da superfície freática do entorno da Lagoa Salina da Fazenda Nhumirim – EMBRAPA – Pantanal, MS.* (monografia de especialização) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2002.

SILVA, J. S. V.; ABDON, M. M. Delimitação do Pantanal Brasileiro e suas sub-regiões. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. v. 33. Brasília, 1998.

SILVA, M. H. S.; SAKAMOTO, A. Y.; BARBIÉRO, L.; QUEIROZ NETO, J. P.; FURIAN, S. Morfologia do solo de três toposequências na área da lagoa Salina do Meio, fazenda Nhumirim, Pantanal da Nhecolândia, MS. In: III SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SOCIOECONÔMICOS DO PANTANAL. Corumbá, 2004. *Anais do III Simpósio sobre recursos naturais e socioeconômicos do Pantanal*, Corumbá: Embrapa-Pantanal, 2004.

SILVA, M. H. S.; SAKAMOTO, A. Y. Levantamento e Análise Pedomorfológica dos Solos da Lagoa Salitrada Retiro Pedra do Sol, Pantanal da Nhecolândia, MS. In: ENAMPEGE - Encontro Nacional da Associação de Pós-graduação e Pesquisa em Geografia, 2011. *Anais do ENAMPEGE - Encontro Nacional da Associação de Pós-graduação e Pesquisa em Geografia - A pesquisa e a produção geográficas: o pulsar no tempo e no espaço*. Goiânia: UFG, v. 1. p. 1-15, 2011.

SOARES, A. P., SOARES, P. C.; ASSINE, M. L. Areais e lagoas do Pantanal, Brasil: herança paleoclimática. *Revista Brasileira de Geociências*. v. 33, n. 2, p. 211-224, 2003.

SORIANO, B. M. A. Caracterização climática da sub-região da Nhecolândia, Pantanal-MS. In: II SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SOCIOECONÔMICOS DO PANTANAL. Corumbá, 1996. *Anais do II Simpósio sobre recursos naturais e socioeconômicos do Pantanal*, Corumbá: Embrapa-Pantanal, 1996.

SUGUIO, Kenitiro. *Rochas sedimentares: propriedades, gênese, importância econômica*. 1980.

TRICART, J. El Pantanal: un ejemplo del impacto geomorfológico sobre el ambiente. *Informaciones Geográficas*, 1982.

USSAMI, N.; SHIRAIWA, S.; DOMINGUEZ, J. M. L. Basement reactivation in a sub-Andean foreland flexural bulge: the Pantanal wetland, SW Brazil. *Tectonics*, v. 18, n. 1, 1999.

VIANA, J. A. P. *Estudo da oscilação sazonal do lençol freático e sua relação na morfologia do solo na área da lagoa salina do meio, Pantanal da Nhecolândia, Mato Grosso do Sul.* (monografia de graduação) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2006.



ZAVATINI, J. A. A dinâmica atmosférica e a distribuição das chuvas no Mato Grosso do Sul. (tese de doutorado) – Universidade de São Paulo - FFLCH/USP. São Paulo, 1990.