



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE ANGICOS
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

VANESSA KAREN PEREIRA DE LIMA

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO SOLO DE UMA SALINA
LOCALIZADA EM GROSSOS/RN**

VANESSA KAREN PEREIRA DE LIMA

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO SOLO DE UMA SALINA
LOCALIZADA EM GROSSOS/RN**

Trabalho Final de Graduação apresentado a
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Arthur Dantas Gomes de
Araújo.

Co-Orientador: Prof. Dr. Rogério Taygra
Fernandes de Vasconcelos.

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

L732c Lima, Vanessa Karen .
Caracterização físico-química do solo de uma
salina localizada no Município de Grossos/RN /
Vanessa Karen Lima. - 2023.
56 f. : il.

Orientador: Arthur Gomes Dantas de Araújo
Dantas de Araújo.
Coorientador: Rogério Taygra Vasconcelos
Fernandes.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2023.

1. Salina. 2. Análise Física. 3. Análise
Química. 4. Mangue. 5. Apicum. I. Dantas de
Araújo, Arthur Gomes Dantas de Araújo, orient.
II. Vasconcelos Fernandes, Rogério Taygra, co-
orient. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a).

Biblioteca Campus Angicos
Bibliotecário: Helder Romero Maia Duarte
CRB: 15/673

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

VANESSA KAREN PEREIRA DE LIMA

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO SOLO DE UMA SALINA
LOCALIZADA EM GROSSOS/RN**

Trabalho Final de Graduação apresentado a
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Defendida em: 11 / 10 / 2023.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **ARTHUR GOMES DANTAS DE ARAUJO**
Data: 12/10/2023 14:29:37-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Arthur Gomes Dantas de Araújo, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente

Documento assinado digitalmente
 **ROGERIO TAYGRA VASCONCELOS FERNANDES**
Data: 25/10/2023 09:57:35-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Rogério Taygra Vasconcelos Fernandes, Prof. Dr. (UFERSA)
Coorientador

Documento assinado digitalmente
 **LUIS HENRIQUE GONCALVES COSTA**
Data: 14/10/2023 15:11:59-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Luís Henrique Gonçalves Costa, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

Documento assinado digitalmente
 **ADNA ERICA MELO DE SOUSA FONTES**
Data: 24/10/2023 22:52:17-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Adna Érica Melo de Sousa Fontes, Engenheiro(a) Me(a). (UFERSA)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me ajudar e abençoar ao longo de toda minha caminhada, por me amparar e cuidar de mim em todos os momentos, por ser um Pai tão amoroso e por me dar forças em momentos tão difíceis.

Queria deixar aqui registrado, o quanto grata eu sou aos meus pais Veranilda Pereira e Joilson Lima, por todo amor, carinho e apoio durante toda a minha vida, por estarem ao meu lado em todos os momentos dos mais felizes, aos mais tristes e complicados, por segurarem a minha mão em um dos momentos mais complicados que passei. Obrigado a minha mãe por me permitir viver da melhor forma possível, por cuidar de mim de infinitas formas, por ser meu abraço, por todo amor a mim dado, sou extremamente grata por sua vida e por ser sua filha. Ao meu pai, obrigado por todos os abraços que são só amor, por perguntar todas as vezes se eu precisava de ajuda, se queria ajuda, mesmo muitas vezes não fazendo ideia do que eu estava fazendo, obrigado por estar sempre ao meu lado, com seu carinho e compreensão, deixar registrado aqui que esse trabalho não seria possível sem a ajuda do senhor, sair do seu trabalho, acordar muito cedo para me ajudar na coleta do solo em uma cidade diferente da nossa, mas sem nenhuma reclamação e apenas um sorriso o tempo todo. Obrigado meus pais, as palavras aqui escritas não são o suficiente para demonstrar, meu amor e felicidade por tê-los, mas farei o meu melhor para demonstrar todo esse sentimento e cuidado que recebo diariamente.

A minha irmã Karol, obrigado por todas as vezes durante essa formação, que cuidou de mim, me deu amparo, por todas as vezes que disse que eu ia conseguir, obrigado. Obrigado, a minha sobrinha Anna Laura, que mesmo não entendendo ainda, sempre me trouxe paz, felicidade e força, ao meu sobrinho Pierre, por todas as vezes que me fez sorrir e era tudo que precisava.

Agradecer as minhas melhores, Iasmin Rafaela, Erica Nariane, Luana Oliver por sempre me apoiarem, por ajudar em momentos muitas vezes complicados demais, por se alegrarem com minhas conquistas e estarem do meu lado sempre, por todo apoio durante o desenvolvimento desse trabalho e durante a minha vida também, até por quê, são mais de 15 anos de amizade e companherismo. Obrigado por serem carinho e conforto, quando muitas vezes só precisamos de um abraço. Obrigada pelas palavras de incentivo e por tudo.

As pessoas que foram tão importantes para mim desde o ensino médio e estão até aqui, e são até hoje, William Matheus e Sebastião Neto, obrigado por todo companherismo, toda dedicação que tem para comigo, obrigado por serem um porto seguro para mim em todos os momentos, obrigado

por permacerem e serem os melhores amigos que alguém poderia ter, por me firmarem sempre que precisei, sou extremamente grata pela amizade, companheirismo ao longo desses mais de 12 anos, obrigado, sou grata por toda ajuda para que esse trabalho fosse concluído e por me apoiarem de todas as formas, não importando a situação, mas sempre sendo como uma palavra de conforto e um abraço de compressão e carinho, obrigado.

Aos meus amigos Allan Vicktor e Leornado França, amigos esses que ganhei por meio do curso de CeT e pelo Projeto Lappa, obrigado por serem sempre um apoio constante, companheiros para todas as horas e amigos tão incríveis, obrigado por todas as vezes que se fizeram presente e se fazem até hoje, a vocês sou muita grata, por todos os momentos que já passamos e os que ainda iremos passar, obrigado por tudo sempre.

As minhas amigas Larissa Santos e Rayssa Costa, por fazerem parte da minha formação desde o primeiro momento de CeT, por todo apoio, pelas noites viradas estudando, pela companhia durante a faculdade e até os dias atuais, por serem uma base de apoio que me conforta e alegra.

Obrigado ao meu presente ganhado ao estagiar no laboratório da UFERSA, Adna Melo agradeço pelas orientações durante o tempo que fui estagiária, por tentar sempre mostrar o melhor e da forma mais descomplicada possível, pelas conversas sobre o futuro que sempre me ajudaram a entender o que eu realmente queria, além de uma orientadora, ganhei também uma amiga, sou muito grata a você por todas as vezes que me ouviu, me aconselhou sempre pensando no meu melhor, por me apoiar nas decisões mais rápidas que já tomei, por ser carinho e amparo, pelas vezes que disse ta tudo bem, você consegue e quando achei que não conseguiria realizar meus ensaios a tempo, obrigado por dizer que eu estava bem, que tudo estava encaminhado e eu conseguiria entregar um bom trabalho. Obrigado ao meu presente ganhado através do Professor Arthur Gomes e o BTS, Ana Vitória, que felicidade é ter sua amizade, seu cuidado, apoio, quase enlouquecemos com esse trabalho de conclusão da graduação, o meu e o seu, mas não foi dessa vez, nós conseguimos, obrigado por todos os “vai dar certo”, por me acompanhar durante os ensaios, ser um auxílio assim como Adna, para me dar mais um pouco de segurança, por todas as conversas que me ajudaram em todos os processos que precisei passar, você é um ser de luz. Sou muita grata pela amizade que nós três construímos.

Agradeço a minha incrível amiga Evelyn Costa, por todo apoio, inclusive os “você consegue” e “vai dar certo queimar suas terras”, mesmo sendo de uma área profissional totalmente diferente da minha, sou grata por todas as vezes que me ouviu explicar sobre o meu TFG, sobre como ele seria feito, as explicações sobre os ensaios e como me ajudou a me sentir confiante sobre o que estava

fazendo. Obrigado, por ser fazer presente diariamente, por me trazer confiança mesmo quando eu achei por muitas vezes que não seria capaz, sou muito grata pelo que construímos nesses anos de amizade. Obrigado por todo apoio, não só para com esse trabalho, mas com tudo que se refere a mim e o meu bem estar.

Agradeço ao meu orientador Arthur Gomes, por todo auxílio e paciência para que esse trabalho pudesse ser realizado, por toda preocupação e dedicação para comigo, obrigado por ser esse professor que realmente se dedica e se preocupa com o aprendizado do aluno, com seu sucesso não só na parte acadêmica como na vida também, sou grata pela sua orientação e por tudo que aprendi com o senhor até aqui. Obrigado ao meu co-orientador Rógerio Taygra, por todo acompanhamento e ajuda, desde de CeT, por ser além de um orientador um amigo, sou grata por todos os ensinamentos que me passou, por todas as vezes que me ouviu calmente e me ajudou além da universidade, assim, como o Professor Arthur gomes, o Professor Rogério Taygra nasceu para essa profissão, aos dois os meus mais sinceros agradecimentos, tudo escrito ao decorrer desse trabalho foi graças ao apoio e os ensinamentos que recebi dos senhores.

Agradeço a banca examinadora, pelas disponibilidades em aceitar o convite e se fazer presente em um momento importante como esse.

E por fim, após agradecer as pessoas importantes para que esse trabalho fosse concluído e que me ajudaram em toda essa caminhada e ao longo da minha vida, queria agradecer a mim, registrar aqui que eu consegui, que esse trabalho é apenas um dos muitos que ainda vou concluir, mas depois de um ano difícil como foi o anterior, entregar esse TFG é de um orgulho imenso, agradecer a mim por que não desisti, com ajuda das pessoas que amo, e principalmente com minha ajuda eu consegui, fui e sou capaz. Que felicidade sinto em poder entender isso.

Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota.

- Madre Teresa de Calcuta

RESUMO

A atividade salineira desempenha um papel fundamental na economia do Estado do Rio Grande do Norte, uma vez que é responsável por 95% da produção de sal no país, porém, antes da construção das salinas o terreno eram áreas de mangue e apicum, onde o mangue é área de preservação permanente (APP). Assim, é de suma relevância o estudo detalhado do solo de salina, já que o mesmo é um fator importante para o equilíbrio do ecossistema. Nessa perspectiva, este trabalho tem como objetivo principal a investigação do solo de uma salina situada no município de Grossos/RN, por meio da caracterização físico-química de cinco amostras coletadas *in loco*. Dessa forma, os resultados obtidos mostram que a classificação do solo é predominantemente areia siltosa, conforme o método unificado de classificação (SUCS). Destaca-se ainda a presença de alto teor de sódio e elevado pH, resultando em uma baixa absorção de água e micronutrientes, assim como baixo teor de matéria orgânica. Após análises dos resultados, a caracterização aponta que o solo pode ser do tipo apicum.

Palavras-Chave: Salina, Análise Física, Análise Química, Mangue, Apicum.

ABSTRACT

The salt industry plays a crucial role in the economy of the State of Rio Grande do Norte, being responsible for 95% of the salt production in the country. However, before the construction of the salt pans, the areas were mangroves and tidal flats, where mangroves are considered permanent preservation areas (PPA). Therefore, a detailed study of the saline soil is of utmost importance, as it is a significant factor in maintaining ecosystem balance. In this perspective, the main objective of this work is the investigation of the soil in a salt pan located in the municipality of Grossos/RN, through the physical-chemical characterization of five on-site collected samples. Thus, the results obtained indicate that the soil is predominantly classified as silty sand according to the Unified Soil Classification System (USCS). It is noteworthy that there is a high sodium content and elevated pH, resulting in low water and micronutrient absorption, as well as a low organic matter content. After analyzing the results, the characterization suggests that the soil may be of the tidal flat type.

Keywords: Salina, Physical Characterization, Chemical Characterization, Mangrove, Apicum.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Granulometrias de areia bem e mal graduada.....	26
Figura 2 - Carta de plasticidade	28
Figura 3 - Mapa do Município de Grossos	32
Figura 4 - Mapa da Salina.....	32
Figura 5 - Mapa do Clima do Município Grossos/RN	33
Figura 6 - Mapa do Solo do Município Grossos/RN.....	33
Figura 7 - Coleta das amostras deformadas, Amostra 05	34
Figura 8 - Preparação das amostras para secagem	35
Figura 9 - Lavagem do solo para peneiramento grosso, Amostra 05	36
Figura 10 - Lavagem do solo para peneiramento fino, Amostra 05	36
Figura 11 - Abertura do solo com cinzel, Amostra 04	38
Figura 12 - Amostra na forma do cilindro, Amostra 01	39
Figura 13 - (a) Adição de água ao solo, (b) Homogeneização, Amostra 05	40
Figura 14 - Início do ensaio de compactação primeira camada, amostra 05.....	41
Figura 15 -(a) Início dos golpes primeira camada, (b) Escarificação, Amostra 05.....	41
Figura 16 - Retirada do excesso de solo, Amostra 05	42
Figura 17 - Pesagem do solo, Amostra 05.....	42
Figura 18 - Retirada do corpo de prova, Amostra 5	43
Figura 19 - Curva granulométrica: Amostra 01.....	44
Figura 20 - Curva granulométrica: Amostra 02.....	44
Figura 21 - Curva granulométrica: Amostra 03.....	44
Figura 22 - Curva granulométrica: Amostra 04.....	44
Figura 23 - Curva granulométrica: Amostra 05.....	45
Figura 24 - Curva de Fluidez: Amostra 01	46
Figura 25 - Curva de Fluidez: Amostra 02	46
Figura 26 - Curva de Fluidez: Amostra 03	46
Figura 27 - Curva de Fluidez: Amostra 04	46
Figura 28 - Curva de Fluidez: Amostra 05	46
Figura 29 - Curva de Compactação: Amostra 01	47
Figura 30 - Curva de Compactação: Amostra 02	47
Figura 31 - Curva de Compactação: Amostra 03	47
Figura 32 - Curva de Compactação: Amostra 04	47

Figura 33 - Curva de Compactação: Amostra 05	48
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultado do ensaio de granulometria.....	45
Tabela 2 - Resultado dos ensaios de limite de liquidez e limite de plasticidade.....	46
Tabela 3 - Resultado do ensaio de compactação.	48
Tabela 4 - Resultado das análises químicas dos solos da Salina	50

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Terminologia do Sistema Unificado	26
Quadro 2 - Classificação dos solos método rodoviário.	29
Quadro 3 - Resultado da Classificação método unificado (SUCS).	49
Quadro 4 - Resultado da Classificação método rodoviário.	49

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Coeficiente de não uniformidade.....	27
Equação 2 - Coeficiente de curvatura.....	27
Equação 3 – Índice de grupo.	29

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	18
2. OBJETIVOS	20
2.1 Objetivo Geral	20
2.2 Objetivos Específicos.....	20
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
3.1 Definição Sal e Salinas.....	21
3.2 Mangue e Apicum.....	22
3.3 Classificação do Solo	25
3.3.1 Método Unificado de Classificação (SUCS)	25
3.3.2 Solos Granulares.....	26
3.3.2.1. Solos de granulação fina (siltes e argilas).....	27
3.3.4Método Roviário de Classificação.....	28
3.4 Análise química.....	29
3.4.1 Potencial hidrogeniônico (pH - em água)	30
3.4.2 Matéria Orgânica (M.O - g/kg).....	30
3.4.3 Sódio (Na ⁺ - mg/dm ³).....	30
3.4.4 Acidez Trocável (T - cmolc/dm ³)	30
3.4.5 Capacidade de Troca Catiônica (CTC - cmolc/dm ³)	30
3.4.6 Porcentagem de Saturação por Bases (V).....	30
3.4.7 Potencial de Saturação por Alumínio (PST).....	31
3.4.8 Alumínio (Al ³⁺).....	31
3.4.9 Micronutrientes.....	31
4. METODOLOGIA.....	31
4.1 Área de Estudo.....	31
4.2 Aspectos Pedológicos e Climáticos	32
4.2.1 Clima	32
4.2.3 Solos	33
4.3 Amostras Salina	34
4.3.1 Coleta das amostras deformadas.....	34
4.4 Caracterização Física	35
4.4.1 Ensaio de granulometria (peneiramento).....	35
4.4.2 Ensaio de limite de liquidez.....	37
4.4.3 Ensaio limite de plasticidade	38
4.4.5 Ensaio de compactação.....	40
4.5 Caracterização Química.....	43
5. RESULTADOS E ANÁLISES	44

5.1 Caracterização Física	44
5.1.1 Granulometria.....	44
5.1.1.2 Amostras.....	44
5.1.2 Ensaio Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade	45
5.1.1.2 Amostras.....	45
5.1.3 Ensaio de Compactação.....	47
5.1.3.1 Amostras.....	47
5.1.4 Classificação Método Unificado e Rodoviário	48
5.1.4.1 Método Unificado de Classificação (SUCS)	49
5.1.4.2 Sistema Rodoviário.....	49
5.2 Caracterização Química.....	50
6. CONCLUSÕES.....	53
REFERÊNCIAS	54

1. INTRODUÇÃO

Cerca de cinco mil anos atrás, os antigos chineses fizeram uma descoberta marcante: o valor do sal como agente de conservação de alimentos. Essa descoberta possibilitou o armazenamento de alimentos, reduzindo a necessidade de migração constante e, por conseguinte, contribuindo para a formação de comunidades e grupos estáveis de indivíduos (SARNO, 2010). Simultaneamente, no Egito, o sal encontrava sua utilidade como um elemento na mumificação dos faraós.

O sal possui um status crucial como uma das matérias-primas essenciais para a indústria química do país, a qual consome aproximadamente 60% da produção total desse mineral. Além desse emprego predominante, cerca de 30% do sal é destinado ao consumo alimentar, tanto diretamente como em formas indiretas. O remanescente é empregado em diversas atividades e setores, incluindo o tratamento de recursos hídricos e a promoção da produção agropecuária (DINIZ et al, 2015).

No contexto histórico da produção de sal no Brasil, os primeiros colonizadores desconheciam a presença desse mineral na colônia (ANDRADE, 1995). No cenário das análises econômicas do século XX, é documentado que durante os períodos colonial e imperial, a economia do Rio Grande do Norte era impulsionada principalmente pelos setores agropecuário e extrativo. Dentre esses setores, o destaque recaía sobre produtos como o sal (TRINDADE E ALBUQUERQUE, 2005).

No contexto da atividade salineira, sua relevância é altamente significativa no Rio Grande do Norte, especialmente no que tange a sua contribuição econômica. O Estado ostenta uma localização extremamente propícia para a instauração de salinas, o que culmina em uma produção anual de aproximadamente 4,8 milhões de toneladas de sal, abrangendo uma extensão de produção estimada em torno de 40.000 hectares. Consequentemente, o Estado desempenha um papel preponderante, sendo responsável por mais de 95% de toda a produção salineira do Brasil (CÂMARA, 1999).

No entanto, é importante ressaltar que informações detalhadas sobre o setor salineiro, particularmente relacionadas ao solo das salinas, são limitadas. A disponibilidade de estudos aprofundados que abordem tanto a relevância do solo na produção de sal quanto a preservação do ecossistema local é escassa. Isso se torna especialmente notável, considerando que as salinas têm origem em antigas áreas de mangue e apicum, destacando ainda mais a necessidade de investigações aprofundadas.

Explorar mais profundamente a interação entre o solo e a produção de sal não apenas preencheria uma lacuna de conhecimento, mas também contribuiria para uma gestão mais informada

e sustentável das atividades salineiras. Além disso, compreender como as antigas áreas de mangue e apicum são afetadas pela transformação em salinas poderia fornecer informações valiosas para a preservação do ecossistema local e a mitigação de impactos ambientais.

Portanto, a realização de estudos abrangentes que abordem a importância do solo nas salinas não só forneceria *insights* valiosos para a produção de sal, mas também poderia contribuir significativamente para o entendimento e a conservação dos ecossistemas que essas salinas substituíram.

Realizar uma investigação mais minuciosa das propriedades físicas e químicas do solo em ambientes salineiros representa um passo essencial para adentrar na complexidade desse ecossistema. Aprofundar-se no entendimento da interação entre as características do solo e a produção de sal proporciona uma visão mais completa das variáveis envolvidas nesse processo dinâmico.

Examinar de forma meticulosa as propriedades físicas do solo, permitem obter conhecimento do tipo de solo que a salina dispõe. Além disso, compreender as propriedades químicas do solo, como sua composição mineral e níveis de sais, contribui para mapear os processos químicos que ocorrem no solo de uma salina, já que é uma situação extrema de solo salinizado.

A relação intrínseca entre as propriedades do solo e a produção de sal pode revelar percepções valiosas para otimizar as práticas de cultivo e evaporação. Essa abordagem mais abrangente pode conduzir a métodos aprimorados de gerenciamento do solo, ajustando-se de forma precisa aos requisitos específicos da produção salineira.

Além disso, ao analisar as potenciais implicações ambientais, é possível identificar os possíveis desafios e impactos que a produção de sal pode ter sobre o ecossistema circundante. Delinear como as características do solo influenciam a dispersão de sais e como o solo se encontra com relação a suas características químicas, para revitalização é crucial para a preservação dos recursos naturais e a mitigação de efeitos adversos.

Em última análise, a investigação detalhada das propriedades do solo em contextos de salina se traduz em uma abordagem holística para a produção de sal. Isso não apenas contribui para a eficiência e sustentabilidade da produção, mas também demonstra um compromisso com a preservação dos ecossistemas locais, honrando a rica história das áreas de mangue e apicum que precederam a formação das salinas. E ainda com os ensaios realizados para a caracterização física, já que o setor salineiro como foi citado anteriormente também é uma atividade que tem um valor socioeconômico significativo, podendo trazer melhoras para o ambiente que já se encontra em uso, como por exemplo a melhoria nas estradas de acesso a salinas menores.

2. OBJETIVOS

Neste item, será apresentado os objetivos que compõem o trabalho em questão.

2.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo principal realizar a caracterização físico e química de cinco amostras de solo localizados em uma salina no Município de Grossos/RN. Além disso, determinar as características do material a ser estudado, investigando o tipo de solos e suas propriedades por meio da realização de ensaios em laboratório.

2.2 Objetivos Especificos

- Realizar caracterização física das amostras (ensaio de granulometria, ensaio de compactação proctor normal, ensaio de limite de liquidez e plasticidade, classificar o solo pelo método unificado de classificação e o método rodoviário);
- Realizar a caracterização química das amostras (pH, M.O, Sódio, Al^{3+} , T, CTC a pH, SB, PST, Cu, Fe, Mn, Zn);
- Indicar se o tipo de solo (Mangue ou Apicum);

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesse item será apresentado a revisão na literatura utilizada de acordo com os pontos a serem abordados no decorrer do trabalho.

3.1 Definição Sal e Salinas

O sal é composto por dois elementos químicos principais: o cloro e o sódio. Sua composição total é dividida em aproximadamente 40% de sódio (Na) e 60% de cloro (Cl). Essa combinação forma cristais brancos, uniformemente granulados, sem odor e com características distintas (TARASAUTCHI, 2008). Conforme mencionado por Sá (1946), no rol das substâncias encontradas na natureza, o sal destaca-se inequivocamente como aquela com um vasto leque de aplicações. Ele é classificado entre os produtos que possuem múltiplas utilidades e é reconhecido como um dos elementos mais essenciais tanto para seres humanos quanto para animais.

A produção de sal pode ser dividida em dois métodos distintos. O primeiro é a produção tradicional, que perdura ao longo do tempo, baseada em práticas centenárias que são transmitidas de geração em geração. O segundo método é a produção industrial, que incorpora tecnologia avançada, processos químicos sofisticados e profissionais especializados (Silva, 2011).

As salinas artificiais compreendem imensos tanques cavados no solo, interligados entre si. A água capturada, com uma média de salinidade de 35 g/l, é gradualmente evaporada à medida que circula entre os tanques, impulsionada pela gravidade ou pelo uso de moto-bombas (FERNANDEZ, 2019). Essa evaporação prossegue até a água atingir um nível de saturação do Cloreto de Sódio (entre 260 e 280 g/l), momento em que ocorre a cristalização do sal. O sal é então colhido e armazenado (DAVIS, 2000; DE MEDEIROS et al., 2012).

A aptidão dessa região para a produção de sal é resultado da combinação de múltiplos fatores naturais, incluindo altas temperaturas, ventos secos, intensa evaporação, estação prolongada de estiagem e extensas áreas alagáveis (FERNANDEZ, 2019). Esses elementos se mostram cruciais para a viabilidade técnica e econômica da produção de sal (DINIZ; VASCONCELOS, 2017), transformando essa atividade em um pilar significativo da economia do Rio Grande do Norte. A região produz anualmente entre cinco a seis milhões de toneladas de sal e contribui com a geração de aproximadamente 70 mil empregos diretos e indiretos (SIESAL, 2016).

O sal desempenha um papel fundamental como matéria-prima na indústria química nacional, que absorve cerca de 60% da produção total deste mineral. Além disso, aproximadamente 30% do sal é direta ou indiretamente destinado à alimentação humana. O restante é aplicado em uma variedade de setores e atividades, incluindo o tratamento de águas e a produção agropecuária (DINIZ et al., 2015). Sua aplicação na indústria é vasta, abrangendo desde a manufatura de produtos

menos processados, como conservas, panificação, laticínios, couros e peles, até indústrias químicas mais complexas, como têxteis, plásticos, metalurgia e medicamentos. Vale ressaltar também a exportação do sal para países de clima temperado, como Estados Unidos, Canadá e Europa, onde é utilizado para derreter o gelo acumulado nas estradas durante o inverno (SIESAL, 2016).

Para além de seu papel como matéria-prima, o sal também desempenha um papel crucial na segurança sanitária nacional. A partir da década de 1950, cerca de 20% da população brasileira sofria de doenças relacionadas à deficiência de iodo, conhecidas como Distúrbios por Deficiência de Iodo (DDI), (FERNANDES, 2019). Para enfrentar esse desafio, a iodação do sal destinado ao consumo humano tornou-se obrigatória desde 1953, de acordo com a Lei nº 1.944. Essa estratégia revelou-se eficaz ao longo das décadas, conforme dados do Ministério da Saúde. A intervenção resultou em uma redução significativa da prevalência de DDI no Brasil, diminuindo de 20,7% em 1955 para 1,4% em 2000 (ANVISA, 2014).

A aptidão singular desta região para a produção de sal é resultado da harmoniosa combinação de diversas influências naturais. Entre elas estão as elevadas temperaturas, os ventos secos, a evaporação intensa, o prolongado período de estiagem e as vastas extensões alagáveis. Essas condições formam uma base crucial que possibilita a produção de sal em termos técnicos e econômicos viáveis (DINIZ; VASCONCELOS, 2017), conferindo-lhe um papel proeminente na economia do Rio Grande do Norte. A região contribui expressivamente para o cenário econômico ao gerar anualmente entre cinco a seis milhões de toneladas de sal e proporcionar cerca de 70 mil postos de trabalho, diretos e indiretos (SIESAL, 2016).

3.2 Mangue e Apicum

Os ecossistemas de manguezais, encontrados em diversas áreas costeiras tropicais e subtropicais ao redor do globo, se destacam pela sua composição de solo lamacento e salino, que é regularmente inundado pelas marés. Nesse ambiente peculiar, desenvolvem-se densos bosques de árvores que exibem características adaptativas específicas para enfrentar os desafios da salinidade das inundações (MENESES, M. et. al., 2009).

Os manguezais se configuram como ecossistemas que habitam áreas de baixa altitude nas zonas entre as marés nas regiões costeiras. Em grande parte, eles são protegidos por cursos de água e se estendem como sistemas estuarinos, variando em complexidade. Este ambiente é de caráter singular, geralmente composto por solos de granulometria fina, caracterizados por sua textura lodoso e frouxa. O solo, apresentando teores reduzidos de oxigênio, é abundantemente enriquecido em matéria orgânica e se destaca sobretudo pela variação extrema na salinidade, consequência da influência das marés (Schaeffer-Novelli, 1995).

Além de enfrentar chuvas intensas e frequentes, essas regiões sofrem com uma considerável taxa de sedimentação, o que resulta em uma diversidade notável de tipos de substratos e um suprimento rico em nutrientes. O sedimento do manguezal é submerso diariamente por águas salinas mais vindas das marés, transportando consigo folhas, sementes, propágulos, larvas e formas juvenis de diversas criaturas, incluindo moluscos, crustáceos e peixes. A falta de oxigênio no solo conduz ao desenvolvimento de raízes que emergem em direção à atmosfera, ficando expostas ao ar (PINHEIRO & TALAMONI, 2018).

O solo lamacento e salino abriga uma quantidade significativa de sulfeto de hidrogênio (H₂S), o que resulta em um aroma pungente de decomposição, similar ao odor de ovos em estado de deterioração. A salinidade do ambiente oscila diariamente em resposta à entrada e saída das marés, processo que é influenciado pela geomorfologia do estuário. Isso determina a entrada de água salgada na direção do rio durante as marés crescentes e a saída de água doce em direção ao mar nas marés decrescentes. Consequentemente, nas marés crescentes o ambiente torna-se predominantemente salino, enquanto nas marés decrescentes a água doce invade as margens ribeirinhas que abrigam os manguezais, levando a uma redução da salinidade relativa (PINHEIRO & TALAMONI, 2018).

De maneira geral, a situação que prevalece nas medições é a de um gradiente de salinidade variável, sendo mais salino próximo ao mar e diminuindo à medida que se adentra o curso do rio (PINHEIRO & TALAMONI, 2018).

No cenário da exploração de sal marinho no Brasil, o Estado do Rio Grande do Norte desempenha um papel notório (LIMA et al., 2020). De acordo com dados do Anuário Estatístico do Brasil, publicado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a produção de sal marinho no Rio Grande do Norte aumentou de 549.494 toneladas em 1938 para 5.589.000 toneladas em 2013 (LIMA et al., 2020). Desde o início da consolidação de dados oficiais sobre a produção brasileira de sal em 1938, o estado potiguar já era um ator proeminente nessa atividade econômica, representando 72,79% da produção nacional naquele ano. Esse crescimento se manteve ao atingir 94,5% da produção nacional em 2013 (DINIZ et al., 2015). Isso evidencia uma trajetória de solidez no mercado, que historicamente contribui de maneira substancial para a esfera socioeconômica (LIMA et al., 2020).

Nesse contexto, ao longo de mais de um século, diversos empreendimentos salineiros se estabeleceram na região do Rio Grande do Norte, voltados para a exploração desse recurso natural, aproveitando de um ambiente geográfico propício (DINIZ et al., 2015)

Em fevereiro de 2013, uma ação fiscalizatória conhecida como "Operação Ouro Branco", realizada pelo IBAMA/RN, investigou 35 instalações de produção de sal na região norte do estado,

focando em Áreas de Preservação Permanente (APPs). Foi constatado o uso irregular de aproximadamente 2000 hectares, resultando na emissão de 19 autos de infração por ocupação inadequada (LIMA et al., 2020).

No entanto, um marco político alterou essa situação. Durante um evento com autoridades locais e empresários do setor, o Presidente Jair Bolsonaro assinou o decreto nº 9.824 em 4 de junho de 2019, que categorizou a atividade salineira em municípios como Mossoró, Macau, Areia Branca, Galinhos, Grossos, Porto do Mangue, Pendências e Guamaré como de interesse social e econômico. Isso permitiu enquadrá-la como uma exceção legal prevista no Código Florestal, autorizando a exploração econômica nessas áreas protegidas (LIMA et al., 2020).

Atualmente, há sete polos de produção no Rio Grande do Norte: quatro na costa leste (Ceará-Mirim, Potengi, Guaraira-Papoba-Nisia Floresta e Cunhú-Curimataú) e três na costa norte (Apodi-Mossoró, Piranhas Assu e Galinhos-Guamaré). Esses polos desempenham um papel significativo na produção total de sal do país. Destaca-se Macau como o maior produtor do estado, enquanto Mossoró assume a posição de polo principal para essa atividade. Isso confirma sua relevância econômica (COSTA et al., 2014), comprovada pela expansão da produção de sal marinho no Rio Grande do Norte de 549.494 toneladas em 1938 para 5.589.000 toneladas em 2013 (DINIZ et al., 2015).

Devido à utilização da água do mar como sua matéria-prima principal e à dependência de condições climáticas particulares, as salinas são frequentemente situadas às margens de estuários e baías em regiões áridas e semiáridas. Isso, por sua vez, resulta na ocupação e degradação de vastas extensões de áreas de manguezais (FERNANDES, 2019). Essa relação é observada em diversos lugares, como em Moçambique, onde a construção de salinas assume o segundo lugar entre as atividades humanas que mais contribuem para o desmatamento dos manguezais. Nesse contexto, a ocupação associada à carcinocultura é a única atividade que supera o impacto das salinas na degradação desse ecossistema sensível (BARBOSA, 2001).

Áreas de apicum se encontram nas bordas dos manguezais, sendo considerados como terrenos hipersalinos que tem sua formação por causa dos sedimentos siliclásticos. Esse solo tem sua origem por causa da erosão das terras altas de entornos próximos, podendo ser de continente ou ilha, no entanto que continue recebendo a contribuição de sedimentos, afetando o manguezal diretamente (UCHA, et al. 2003).

De acordo com Ucha, Haclich e Celino (2018), o apicum é considerado como uma área arenosa salina a hipersalina, que dispõem de um solo que se encontra em transição, estando localizada na interface do manguezal e encontra, se tornando mais elevado que o manguezal, topograficamente. Ainda de acordo com os autores, é retirado do mar sedimentos originários da

erosão de encostas, por meio da energia da água e o material mais fino encontrado, mudando-o de modo horizontal ou até mesmo em profundidade, ficando apenas a areia. Para os autores o apicum corresponde a uma mudança entre solos e sedimentos, influenciado pela presença de altos teores de sais.

3.3 Classificação do Solo

Segundo Souza (2006), a ampla diversidade e as diferentes respostas sobre os solos em distintas condições da engenharia acabaram por tornar necessária o agrupamento em categorias específicas, nas quais podem ser atribuídas características particulares. A partir dessa abordagem organizada e baseada em experiências acumuladas ao longo dos anos, surgiu os sistemas de classificação de solos. Ainda de acordo com o autor, o propósito principal da classificação dos solos, do ponto de vista da engenharia, consiste na capacidade de se antecipar o comportamento provável do solo, ou no mínimo, orientar o desenvolvimento de investigações adequadas para uma análise mais precisa de um possível problema.

3.3.1 Método Unificado de Classificação (SUCS)

De acordo com Souza (2006), inicialmente desenvolvido pelo Prof. Casagrande para fins relacionados à construção de aeroportos, o sistema de classificação de solos é amplamente utilizado em diversas áreas da engenharia. Na atualidade, esse método é normalmente adotado por geotécnicos, especificamente quando se trata de projeto envolvendo barragens de terra. Nesse método, cada solo é identificado por meio de uma junção de letras, como especificado no Quadro 1. As cinco primeiras letras indicam o tipo principal de solo, ao passo que as quatro letras seguintes dispõem de informações complementares sobre suas características, como por exemplo, se o resultado for SW quer dizer que o solo é areia bem-graduada, a medida que CH se refere a argila de alta compressibilidade.

Para classificar o solo, além de usar a tabela de terminologia do sistema unificado, será utilizado a porcentagem de finos que se encontram presente no solo, onde os finos seriam o material passado pela peneira número 200 (0,075 mm) e esses dados por sua vez, serão obtidos no ensaio de granulometria.

Quadro 1 - Terminologia do Sistema Unificado

Tipo do solo	Dados do solo
G	Pedregulho
S	Areia
M	Silte
C	Argila
O	Solo orgânico
W	Bem graduado
P	Mal graduado
H	Alta
L	complexibilidade
Pt	Baixa
	complexibilidade
	Turfas

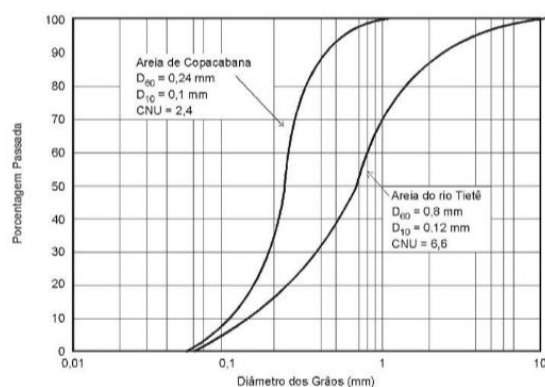
Fonte: Souza (2016).

Segundo Souza (2016), se a porcentagem for menor que 50%, o solo será classificado como solo de granulação grossiera designado como G (pedregulho) ou S (areia). Se caso for maior que 50%, o solo será considerado como solo de granulação fina M (silte), C (Argila) e O (solo orgânico).

3.3.2 Solos Granulares

Caso o solo seja granular, será identificado se o mesmo seria como areia (S) ou como pedregulho (G), se a porcentagem de finos passado na peneira 200, é menor que 5%, será verificado a sua composição granulometrica. Os solos granulares poder ser tidos como bem-graduados onde existe uma predominância de particulas de um certo diametro, e os solos mal-graduados consistem em grãos ao longo de uma faixa de diametro que se é mais extensa, como mostrado na Figura 1 (SOUZA, 2016).

Figura 1: Granulometrias de areia bem e mal graduada.



Fonte: Souza (2016).

A característica dos solos granulares é descrita pelo coeficiente de não uniformidade, que é definido como:

Equação 1: Coeficiente de não uniformidade

$$CNU = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

Fonte: Souza (2016)

O coeficiente D60 representa o diâmetro que se encontra abaixo de 60% em relação ao peso das partículas, ao passo que o coeficiente D10 é o diâmetro correspondente a uma porcentagem que se encontra em 10% na curva granulométrica. O coeficiente menos comumente usado é o CNU, referente ao coeficiente de curvatura (SOUZA, 2016). O mesmo, normalmente é expresso por meio de:

Equação 2: Coeficiente de curvatura

$$CC = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \cdot D_{60}}$$

Fonte: Souza (2016)

Conforme Souza (2016), quando se tem um solo com uma granulação grosseira e o mesmo possui mais de 12% de finos, a uniformidade da granulometria já não é mais considerada uma característica secundária, pois é importante saber mais sobre as propriedades encontradas nesses finos. Sendo assim, para pedregulhos ou areias serão determinados secundariamente como argilosos (SC OU GC), ou como solo siltoso (SM ou GM). Onde o fator determinante para a classificação será dado pelo posicionamento de ponto representado pelos índices de consistência dispostos na Carta de Plasticidade.

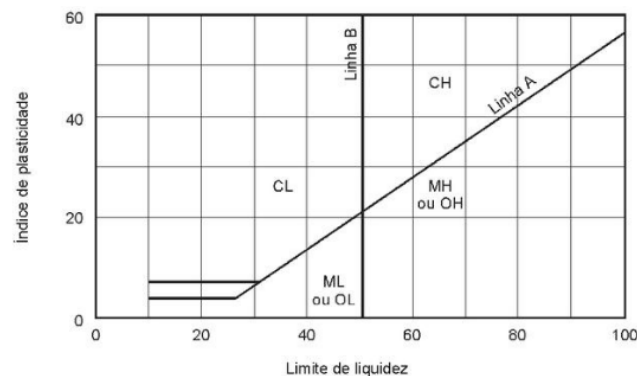
Ainda segundo o autor, para solos com granulação grosseira entre 5 a 12% de finos, o sistema aconselha que se utilize as duas características secundárias, sendo elas, propriedades dos finos e classificações intermediárias. Sendo assim, será obtido classificações intermediárias, exemplificando, SP-SC que seria um solo do tipo areia malgraduada, argilosa.

3.3.2.1. Solos de granulação fina (siltes e argilas)

No caso dos solos foram submetidos a coleta e análise, quando a fração fina do solo for tida como predominante, o mesmo será categorizado como argila (C), Silte (M) ou solo orgânico (O), no entanto, isso não acontecerá em função da porcentagem obtida nas frações granulométrica silte ou argila, pois como comentado anteriormente, o que torna determinante o comportamento do solo não é apenas o teor de argila, mas o teor em conjunto com a sua atividade. Ao ser analisado os índices e a forma que o solo se comporta, foi notado por Casagrande que, ao inserir o valor de IP

do solo de acordo com o LL em um gráfico, como mostrado na Figura 2, os solos com o comportamento do tipo argiloso serão representados por um ponto localizado acima de uma reta inclinada, dita como linha A (SOUZA, 2016). No caso de solos orgânicos, mesmo que sendo argilosos, e para solos siltsos serão representados por meio de pontos que ficam localizados abaixo da linha A.

Figura 2: Carta de plasticidade.



Fonte: Souza (2016).

Conforme citado por Souza (2016), uma característica que complementa as características dos solos finos e por causa da sua compressibilidade, caso os índices indiquem que a posição se encontra muito próxima a linha A ou B, será dita como uma atividade intermediária e obterá duas classificações. E para o caso dos solos serem detectados como muito orgânicos, onde a presença de fibras vegetais que se encontram em decomposição parcial for predominante, é utilizada a classificação de Turfar (pt).

3.3.4 Método Rodoviário de Classificação

Conforme Souza (2016), o sistema de classificação por meio do método rodoviário é muito utilizado na engenharia como um todo, foi proposto inicialmente nos Estados Unidos. E tem como base a granulometria e os limites de Atterberg, ou seja o limite de liquidez, de plasticidade e contração do solo. Será utilizado a porcentagem do material obtida no ensaio de granulometria que passou pela peneira nº 200 (0,075mm), sendo que apenas os solos com granulação grosseira com menos de 35% de solo passado por essa peneira serão considerados, e não 50% como foi o caso na classificação pelo método unificado tabela 3. Esses solos por sua vez podem ser classificados a partir de grupos, sendo eles A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6 e A-7 (Quadro 2).

Quadro 2 - Classificação de solos método rodoviário.

Classificação Geral	Materiais granulares (35% ou menos passando na peneira nº 200)							Materiais siltosos e argilosos (mais de 35% passando na peneira nº 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 / A-7-6
Peneiração: % que passa: Nº 10 Nº 40 Nº 200 (p)	50 máx. 30 máx. 15 máx.	50 máx. 25 máx.	51 mín. 10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características da fração que passa nº 40 Limite de Liquidez - LL (%) Índice de Plasticidade IP (%)				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de Grupo	6 máx.		NP	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
	0		0	0		4 máx.		8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Materiais que predominam	Pedra Britada pedregulho e areia		Areia fina	Areia e areia silosa ou argilosa				Solos Siltosos		Solos argilosos	
Comportamento geral como subleito	Excelente a bom							Fraco a pobre			

Fonte: Senço (1997).

Onde:

- A-1a: Pedregulhos bem graduados na classificação unificada;
- A-1b: Areia bem graduada na classificação unificada;
- A-3: Areias finas mal graduadas na classificação unificada;
- A-2: Areias ou pedregulhos com finos;
- A-4 e A-5: Siltes;
- A-6 e A-7: Argilas;

Para o processo de classificação, os dados serão lidos e interpretados da esquerda para direita, por meio de eliminação. O primeiro grupo que se encontrar a esquerda que satisfaça os dados será o grupo a ser procurado. Caso não se possa identificar pelo número das peneiras utilizadas, pelo limite de liquidez ou plasticidade, utilizar o índice de grupo, que será calculado por meio da formulação:

Equação 3: Índice de grupo

$$IG = 0,2 \cdot a + 0,005 \cdot a \cdot c + 0,01 \cdot b \cdot d$$

Fonte: Senço (1997)

Sendo:

p: teor de silte + argila do solo, no caso é a porcentagem que passa na peneira nº 200.

- $a = p - 35$ (se $p > 75\%$, adota-se 75 e se $p < 35\%$, adota-se 35);
- $b = p - 15$ (se $p > 55\%$, adota-se 55 e se $p < 15\%$, adota-se 15);
- $c = LL - 40$ (se $LL > 60\%$, adota-se 60 e se $LL < 40\%$, adota-se 40);
- $d = IP - 10$ (se $IP > 30$, adota-se 30 e se $IP < 10$, adota-se 10);

3.4 Análise química

De acordo com o Manual de Métodos de Análise de Solo da EMBRAPA (1997), as

análises foram realizadas de acordo com os princípios de que:

3.4.1 Potencial hidrogeniônico (pH - em água)

A medição do potencial eletrônico poder ser feito de forma eletrônica por meio do uso de um eletrodo combinado imerso em uma suspensão solo: líquido, utilizando água, em uma proporção de uma parte de solo para duas partes e meia de líquido.

3.4.2 Matéria Orgânica (M.O - g/kg)

Referente ao componente orgânico que se encontra no solo, onde pode ser composto por materiais em decomposição, como microorganismos e plantas mortas. A matéria orgânica se torna fundamental para a fertilidade do solo.

3.4.3 Sódio (Na^+ - mg/dm³)

O valor do Na^+ corresponde ao sódio trocável, onde esse valor é usado para classificar solos dos tipos salinos, sódicos e não salinos.

3.4.4 Acidez Trocável (T - cmolc/dm³)

A acidez do solo pode ser obtida por meio de dois métodos diferentes, acidez pontencial e acidez trocável, sendo esse o método utilizado nas análises das amostras do trabalho em questão, onde esse método se por meio da acidez (H + AI) que é liberada pela reação com uma solução do tipo não tamponada de KCl. Podendo ser designada como acidez real e é usada para obter a determinação da CTC efetiva, que é definida por meio da soma de base H + AI.

3.4.5 Capacidade de Troca Catiônica (CTC - cmolc/dm³)

A CTC do solo é tida como sendo a o somatório total dos cátions que o solo pode vir a reter em sua superfície coloidal, dessa forma, é prontamente disponível à assimilação pelas plantas. Estes cátions adsorvidos são então retirados por meio de soluções salinas de cálcio, bário, amônio e soluções de ácidos diluídas e em seguida determinadas pelo método colométrico, de absorção atômica ou emissão.

3.4.6 Porcentagem de Saturação por Bases (V)

Representa a participação de bases trocáveis em relação ao total de cátions no complexo. Este valor é utilizado para a caracterização de solos eutróficos e distróficos.

3.4.7 Potencial de Saturação por Alumínio (PST)

Utilizada para empregar na separação de classes de solo quanto ao seu caráter álico.

3.4.8 Alumínio (Al^{3+})

Quantidade de concentração de alumínio na amostra.

3.4.9 Micronutrientes

No caso dos elementos citados abaixo, os mesmo são analisados para a obtenção dos seus teores que estão disponíveis no solo, pois, os mesmos são nutrientes essenciais para o crescimento de plantas e podem acabar por afetar a qualidade do solo.

- Cobre (Cu - mg/dm³)
- Ferro (Fe - mg/dm³)
- Mangânes (Mn - mg/dm³)
- Zinco (Zn - mg/dm³)

E para análise dos resultados desses ensaios químicos, foi utilizado o Guia de Interpretação de Análise de Solo e Foliar. Onde o mesmo é o resultado da colaboração entre membros de uma equipe extremamente qualificados, cujo conhecimento técnico e o esforço realizado de forma conjunta são refletido durante a abordagem do guia (Prezzoti & Guarçoni, 2013).

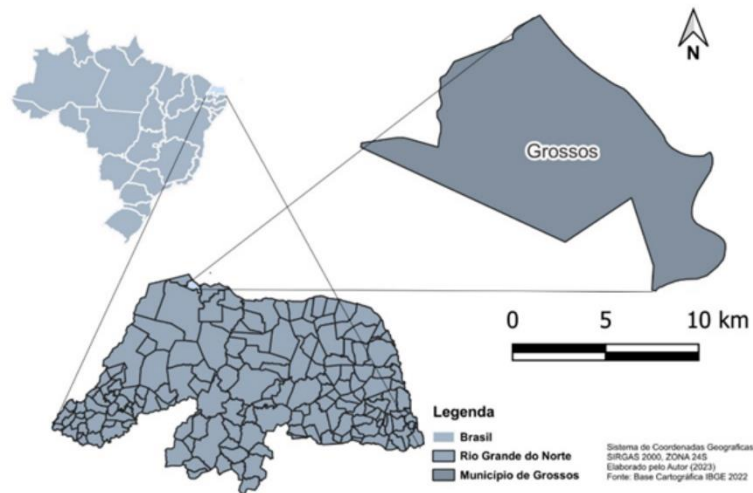
4. METODOLOGIA

O presente trabalho consiste em um estudo de caso do solo de uma salina, assim, nesse item será apresentado a localização do município onde a salina se localiza e os materiais e métodos utilizados para obtenção dos resultados.

4.1 Área de Estudo

A salina fica localizada no Município de Grossos que está delimitada pelo Oceano Atlântico e pelos Municípios vizinhos de Areia Branca, Mossoró e Tibau, abrangendo uma área de 138 km² dentro do estado do Rio Grande do Norte (conforme ilustrado na Figura 3), essa região assume um papel importante no cenário local.

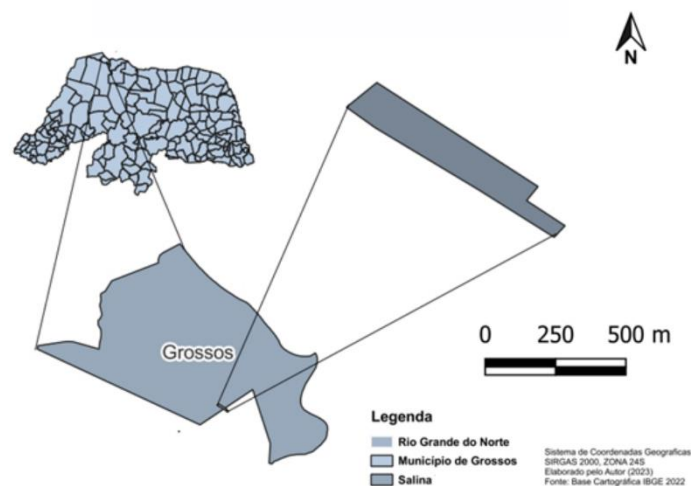
Figura 3 – Mapa do Município de Grossos



Fonte: Autória própria (2023)

A salina em estudo se localiza dentro da Região Salineira Artesanal (RAS) (Figura 4.

Figura 4 – Mapa da Salina



Fonte: Autória própria (2023)

Que ocupa uma posição no Litoral Setentrional do Rio Grande do Norte, precisamente dentro dos limites do Município de Grossos.

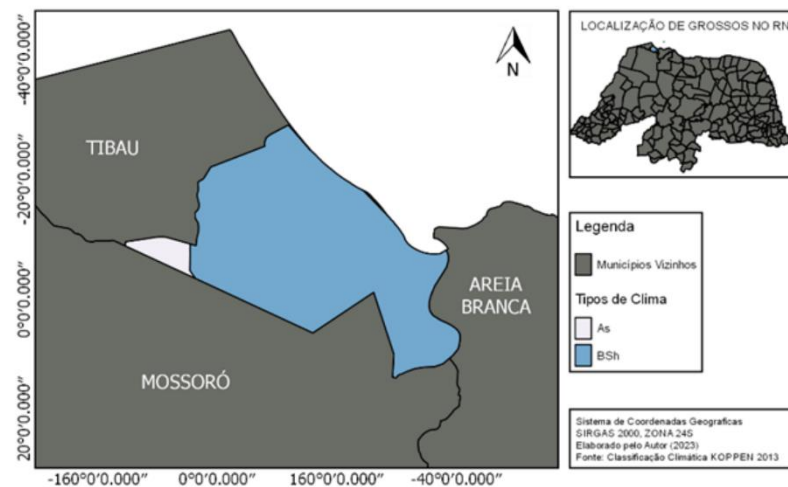
4.2 Aspectos Pedológicos e Climáticos

4.2.1 Clima

A região possui um clima classificado como BSw'h, de acordo com a classificação de Köppen (Figura 5). Esse clima é notavelmente caracterizado por um intenso calor e uma acentuada aridez. É marcado principalmente pela predominância de estações secas, que costumam abranger

um período de aproximadamente 7 a 8 meses, indo de junho a janeiro.

Figura 5 – Mapa do Clima do Município Grossos/RN



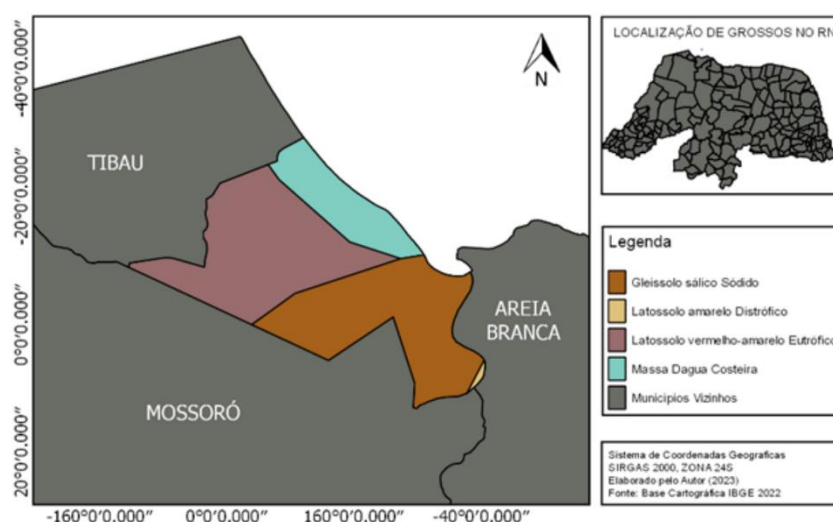
Fonte: Autória própria (2023)

A estação chuvosa, por sua vez, costuma ocorrer geralmente de fevereiro a maio, representando um breve intervalo de precipitações em contraste com a aridez predominante na região (RADAMBRASIL, 1981).

4.2.3 Solos

O município de Grosso dispõe de praticamente três tipos de solo, sendo eles o Gleissolo sálico e o Latossolo (IBGE, 2022). A salina Victor Sal encontra-se situada no ambiente do solo tipo Gleissolo Sálico Sódico (Figura 6).

Figura 6 – Mapa do Solo do Município Grossos/RN



Fonte: Autória própria (2023)

O solo do tipo Gleissolos é constituído pelo agrupamento de solo com expressiva gleização. Resultado de processos de grande intensidade na redução de compostos de ferro, na presença de matéria orgânica, sem ou com alteração de oxidação, por causa da flutuação do nível de lençol freático, em situações que o regime de excesso de umidade periódico ou permanente (EMBRAPA, 2018).

O solo do tipo Latossolos, em contrapartida, são solos que estão em um avançado processo de intemperismo. Possuem uma variação de fortemente a bem drenados e são, no geral, extremamente ácidos. Considerado um solo típico de regiões tropicais e equatoriais, passando-se também em zonas de relevo planos, subtropicais, ocorrendo também em áreas mais irregulares. São uniformes quanto a sua relação de textura, estrutura, cor e de predominância argilosa (EMBRAPA, 2018).

4.3 Amostras Salina

Neste item, será abordado os detalhes e métodos utilizados para coleta das amostras da Salina, assim como a preparação das amostras após a coleta.

4.3.1 Coleta das amostras deformadas

As amostras foram coletadas em cinco pontos diferentes dentro do terreno da Salina VictorSal. De acordo com a norma ABNT NBR 9604/2016, inicialmente foi realizada uma escavação manual até a profundidade de 40 cm e a partir daí foi coletada a amostra de solo. O mesmo procedimento foi realizado para todas as amostras (Figura 7).

Figura 7 – Coleta das amostras deformadas, Amostra 05



Fonte: Autória Própria (2023).

Foi coletado em torno de 15kg de cada amostra, as quais foram inseridas em sacos plásticos resistentes com indicação de sua numeração. Após, a coleta as amostras foram separadas em bandejas individuais, para que a secagem ocorresse até as amostras atingissem a umidade hidrocópica (Figura 8).

Figura 8 – Preparação das amostras para secagem



Fonte: Autória Própria (2023).

4.4 Caracterização Física

Neste item será apresentado os materiais e métodos utilizados na caracterização física do solo. Por meio dos ensaios de granulometria, limite de liquidez, limite de plasticidade e o ensaio de compactação.

4.4.1 Ensaio de granulometria (peneiramento)

Utilizando como base a norma ABNT NBR 7181, Solo – Análise granulométrica, para realização desse ensaio.

A preparação da amostra foi realizada de acordo com a ABNT NBR 6457, a norma determina que as amostras devem ser coletadas de forma específica, de acordo com os métodos de amostragem apropriados. Na sequência, essas amostras devem passar pelo processo de redução do seu tamanho, por meio de uma divisão para que apenas fique uma fração de amostra que será realmente analisada. Escolhe-se uma porção representativa de M1 de material úmido ou seco ao ar, para que a umidade seja determinada: 0,5 kg quando o material for siltoso/argiloso, 2,0 kg para material com pedregulho fino, 10 kg quando o material tiver pedregulho grosso.

Após a quantidade material escolhido, o ensaio será realizado para as cinco amostras coletadas, de acordo com a norma ABNT NBR 7181, deve se prosseguir os passos:

- O material deve passar pela peneira 2mm, com o cuidado de o mesmo ser desmanchado com auxílio do almofariz, para que todos os torrões que ainda permanecem, possam ser desmanchados para assegurar a retenção apenas dos grãos maiores do que a abertura da malha;
- Lavar o material retido na peneira 2 mm, com o propósito de retirar o material fino que venha a ficar aderido e secar em estufa de 105 °C a 110 °C, por 24 hrs. O material obtido é utilizado no peneiramento grosso (Figura 9);

Figura 9 – Lavagem do solo para peneiramento grosso (Amostra 05)



Fonte: Autoria própria (2023)

Para efetuar a análise granulométrica exclusivamente por meio de peneiramento, é necessário seguir as seguintes diretrizes:

- Com o material que foi passado na peneira 2 mm, utilizar em torno de 120g. Pesá-lo em uma balança com uma resolução de até 0,01g e anotar o valor. Tomar cerca de 100g para que seja determinado a umidade higroscópica, segundo a ABNT NBR 6457;
- Lavar o material passado na peneira 0,075 mm o material assim retido, com água potável em baixa pressão (Figura 10);

Figura 10 – Lavagem do solo para peneiramento fino (Amostra 05)



Fonte: Autoria própria (2023)

Para o peneiramento fino:

- Secar em estufa de 105 °C a 110 °C, por 24 hrs, o material retido na peneira 0,075mm, de forma manual passar pelas peneiras de 16 mm, 30 mm, 40 mm, 50 mm, 100 mm, 200 mm agitando de 3 a 5 minutos. Anotar o valor de cada retida em cada peneira em balança com resolução de até 0,01g.

Para o peneiramento grosso:

- Pesar o material que ficou retido na peneira 2 mm, obtido após secar em estufa de 105 °C a 110 °C. de forma manual passar pelas peneiras de 25 mm, 19 mm, 9.50 mm, 4.80 mm, 2 mm agitando de 3 a 5 minutos. Anotar o valor de massa retida em cada peneira em balança com resolução de até 0,01g.

4.4.2 Ensaio de limite de liquidez

Utilizando como base a norma ABNT NBR 6459, Solo – Determinação do limite de liquidez.

A preparação da amostra deve ser realizada de acordo com a preparação de amostra descrita na ABNT NBR 6457 – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização, a norma determina que a amostra deve ser secada ao ar, até atingir a umidade hidrostática aproximadamente, deve-se tomar uma quantidade de amostra após a secagem ao ar, e passar pela peneira de 0,42mm, de modo a obter em torno de 200g de massa passada pela peneira. O material que for obtido constitui a amostra que deve ser ensaiada.

Após a quantidade material obtida e com a secagem prévia, de acordo com a norma ABNT NBR 6459, deve se prosseguir conforme os passos:

- Adicionar o material no recipiente, adicionar água destilada aos poucos, amassando e homogeneizando, de forma contínua e uniforme com auxílio de espátula, de forma a obter uma massa totalmente homogênea, com consistência suficiente para que siga a ordem de 35 golpes para fechar a abertura. O tempo de homogeneização deve ser entre 15 min a 30 min;
- Transferir parte do material misturado para a concha do aparelho casa grande, moldando de maneira que parte do centro a espessura seja em torno de 10mm, realizar esse procedimento de maneira que não permaneça bolhas de ar no interior do material misturado. Retornar o solo que sobrar para o recipiente de porcelana;
- Dividir o material, a massa que se formou em duas partes, utilizando o cinzel no meio da mesma, de forma a abrir uma abertura no centro, na articulação da concha do aparelho, possui uma indicação para passar o cinzel, o mesmo deve ser deslocado de forma

perpendicular à superfície da concha (Figura 11);

Figura 11 – Abertura do solo com cinzel (Amostra 04)



Fonte: Autoria própria (2023)

- Os procedimentos anteriores devem ser realizados com a concha na mão do operador.
- Realocar a concha de forma cuidadosa no aparelho, e golpear a mesma contra a base, deixando que a mesma caia em queda livre, girando a manivela na lateral do aparelho com uma precisão de duas voltas por segundo. Anotar a quantidade de golpes utilizados para que as bordas da abertura venham a se unir por aproximadamente 13mm de comprimento;
- Transferir de maneira imediata, uma pequena parte da amostra onde as bordas da abertura se juntaram, para capsulas que possam ser levadas a estufa para determinar a umidade;
- Transferir o restante da amostra para o recipiente de porcelana. Lavar e enxugar o cinzel e a concha;
- Em seguida, deve adicionar água destilada a amostra que será homogeneizada por ao menos 3 min, de forma continua e uniforme com auxilio de espátula;
- Repetir os procedimentos citados acima, para obter o segundo ponto do ensaio. E repetir novamente os procedimentos até obter ao menos mais três pontos para o ensaio, que possa cobrir o intervalo de 35 até 15 golpes;

4.4.3 Ensaio limite de plasticidade

Utilizando como base a norma ABNT NBR 7180, Solo – Determinação do limite de plasticidade.

A preparação da amostra realizada de acordo com a preparação de amostra descrita na ABNT NBR 6457 – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização, a norma determina que a amostra deve ser secada ao ar, até atingir a umidade hidrostática aproximadamente, tomar uma quantidade de amostra após a secagem ao ar, e passar pela peneira de 0,42mm, de modo

a obter em torno de 200g de massa passada pela peneira. O material que for obtido constitui a amostra que deve ser ensaiada.

Após a quantidade material obtida e com a secagem prévia, de acordo com a norma ABNT NBR 7180, deve se prosseguir da seguinte forma:

- Adicionar o material no recipiente, adicionar água destilada aos poucos, amassando e homogeneizando, de forma contínua e uniforme com auxílio de espátula, de forma a obter uma massa totalmente homogênea, com consistência suficiente para que siga a orfem de 35 golpes para fechar a abertura. O tempo de homogeneização deve ser entre 15 min a 30 min;
- Pegar em torno de 10 g da amostra que foi preparada e fazer o formato de uma bola pequena com a mesma, que com o auxílio da palma da mão a amostra deve ser rolada por sobre a placa em vidro com uma pressão suficiente para que atinja a forma de um cilindro (Figura 12);

Figura 12 –Amostra na forma do cilindro (Amostra 01)



Fonte: Autoria própria (2023)

- Caso a amostra venha a se fragmentar antes mesmo de atingir o diâmetro exigido de 3mm, retornar a amostra ao recipiente, adicionar mais água destilada, homogeneizar novamente durante 3 min, de forma contínua e uniforme com auxílio de espátula, de forma a obter uma massa totalmente homogênea. E repetir o procedimento anterior a esse;
- Caso a amostra venha a atingir o diâmetro de 3mm sem ocorrer fragmentação, o material deve ser amassado e assim repetir o segundo procedimento descrito nesse ensaio;
- Quando a amostra atingir o formato cilíndrico sem se romper ou rachar, e estiver com um diâmetro de 3mm e comprimento de 100mm (utilizar o gabarito de comparação), transferir de forma imediata para as cápsulas, para que a umidade seja determinada de acordo com a norma ABNT NBR 6457.
- Repetir o segundo e quinto procedimento de forma a obter no mínimo três valores de umidade.

4.4.5 Ensaio de compactação

Utilizando como base a norma ABNT NBR 7182, Solo – Ensaio de compactação.

Para o ensaio de compactação ocorrer, é necessário a definição da energia de compactação especificada na norma ABNT NBR 7182.

A preparação da amostra deve ser realizada de acordo com a preparação de amostra descrita na ABNT NBR 6457 – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização, a norma determina que a amostra deve ser secada ao ar, até atingir a umidade hidrostática aproximadamente, tomar uma quantidade de amostra após secagem prévia, desmatar os torrões e evitar a quebra dos grãos com o auxílio do almofariz, e fazer a homogeneização da amostra.

Em sequência, passar a amostra pela peneira 4,8mm, afim de obter a quantidade necessária de solo. Após o peneiramento, o material que for obtido constitui a amostra que deve ser ensaiada.

Para ensaio realizado com amostra sem reuso do material e com a secagem prévia, de acordo com a norma ABNT NBR 6457, deve se prosseguir da seguinte forma:

- Fixar o molde cilíndrico à sua base, vincular o cilindro complementar e assim, apoiar o conjunto em uma base rígida. Adicionar uma folha de papel filtro que contenha diâmetro igual ao do molde que for utilizado, para que assim, se possa evitar a aderência do solo que será compactado em contato com a superfície metálica do cilindro;
- Em uma bandeja, com ajuda de uma proveta graduada, adicionar o solo e água destilada no total de ml, de acordo com o cálculo realizado para obtenção da umidade inicial e a quantidade água de acordo com a massa inicial utilizada (Figura 13);

Figura 13 – (a) Adição de água ao solo, (b) Homogeneização (Amostra 05)



Fonte: Autoria própria (2023)

- Em sequência, quando a amostra for totalmente homogeneizada, iniciar a compactação, adicionando a camada de solo, o número de camadas e golpes por camadas de acordo com a norma, foram usados o soquete e cilindro pequenos, logo o número de camadas é 3 e o número de golpes por camada igual a 26 (Figura 14);

Figura 14 – Início do ensaio de compactação primeira camada (Amostra 05)



Fonte: Autoria própria (2023)

- Os golpes do soquete, tem que ser aplicado de forma perpendicular, assegurando que o soquete venha a deslizar na haste sempre em queda livre, de forma a distribuir uniformemente por sobre a superfície de cada camada, no entanto, as alturas das camadas que foram compactadas devem ser aproximadamente iguais. Escarificar rapidamente cada camada, antes de adicionar mais uma (Figura 15);

Figura 15 – (a) Início dos golpes primeira camada, (b) Escarificação (Amostra 05)



Fonte: Autoria própria (2023)

- Ao fim da compactação da última camada, fazer a retirada do cilindro complementar. Por causa do cilindro complementar deve constar uma camada de solo compactado passando da

altura do cilindro principal, a mesma deve ser retirada com o auxílio de uma regua biselada (Figura 16). Concluído os passos anteriores, retirar o molde do cilindro da base ;

Figura 16 – Retirada do excesso de solo (Amostra 05)



Fonte: Autoria própria (2023)

- Pesar juntamente o conjunto solo compactado, mais o cilindro, em balança com resolução de 0,1g, e por meio da subtração do peso do molde cilíndrico, obter a massa úmida do solo que foi compactado (Figura 17);

Figura 17 – Pesagem do solo (Amostra 05)



Fonte: Autoria própria (2023)

- Com ajuda do extrator, fazer a retirada do corpo de prova do molde, e do centro desse corpo de prova, retirar uma amostra para a determinação da umidade, segundo a ABNT NBR 6457 (Figura 18);

Figura 18– Retirada do corpo de prova (Amostra 5)



Fonte: Autoria própria (2023)

- Destorroar o material com auxílio de uma espátula, e após o material estar com o mínimo possível de torrões, adicionar a quantidade água calculada anteriormente e homogeneizar bem, por aproximadamente 5 min.
- Repetir o primeiro, quarto procedimento em diante, até que se obtenha cinco pontos, onde dois estarem no ramo seco, um estará próximo a umidade ótima, de preferência do ramo seco e dois estarem no ramo úmido na curva de compactação.

4.5 Caracterização Química

Os ensaios químicos foram executados no laboratório de Análise de Solo, Água e Planta da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Para que a análise do solo fosse realizada, teve como seguimento o protocolo descrito no Manual de Métodos de Análise de Solo da EMBRAPA, datado de 1997. Os resultados dessa análise química foram atingidos de acordo com o sistema de classificação de solos mais recente da EMBRAPA, introduzido em 1999.

As análises foram geridas em amostras de solo natural da salina Victor Sal, cada resultado foi determinada por meio de três determinações separadamente, e a diferença entre essas determinações não deveria exceder 0,1% com relação as titulações. Caso esse valor seja ultrapassado, a determinação foi repetida até que o resultado obtido estivesse dentro da tolerância estabelecida previamente pela EMBRAPA.

5. RESULTADOS E ANÁLISES

Os resultados obtidos a partir dos nesaiois conduzidos serão apresentados e analisados. Inicialmente, será apresentado os resultados da caracterização física em seguida a caracterização química.

5.1 Caracterização Física

Em seguida a apresentação dos resultados dos ensaios de caracterização física.

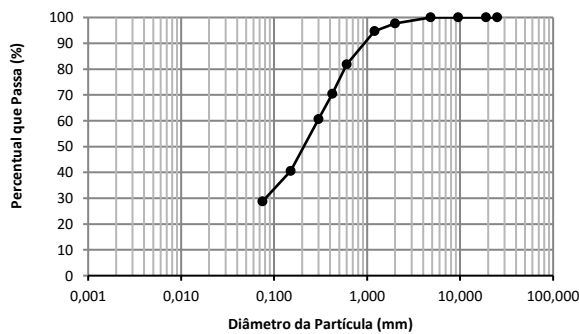
5.1.1 Granulometria

Os ensaios de granulometria foram realizados pelo processo de peneiramento e a distribuição granulométrica foi feita de acordo com as premissas da NBR 6502/1995.

5.1.1.2 Amostras

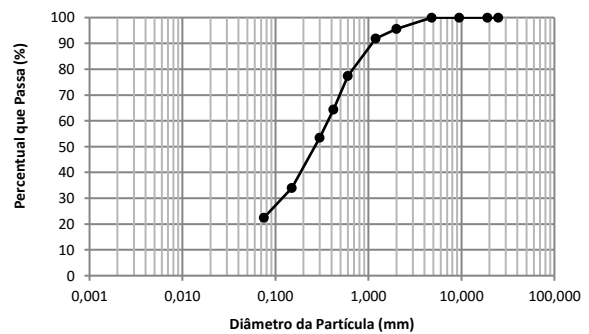
Após realizado o ensaio de granulometria, se obteve as curvas granulometricas de cada amostra, de acordo com as Figuras 19, 20, 21, 22 e 23.

Figura 19 – Curva granulométrica: Amostra 01



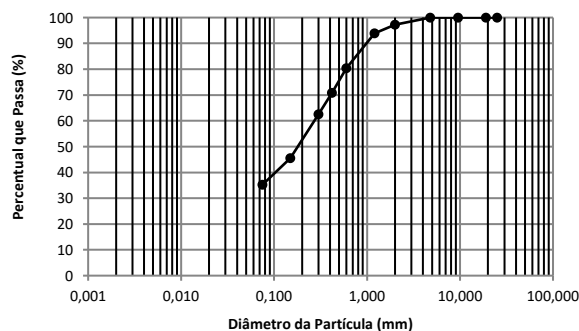
Fonte: Autoria própria (2023)

Figura 20 – Curva granulométrica: Amostra 02



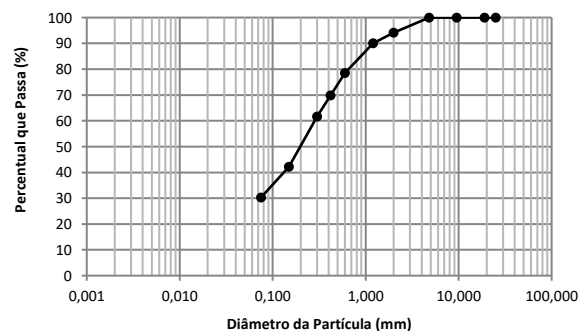
Fonte: Autoria própria (2023)

Figura 21 – Curva granulométrica: Amostra 03



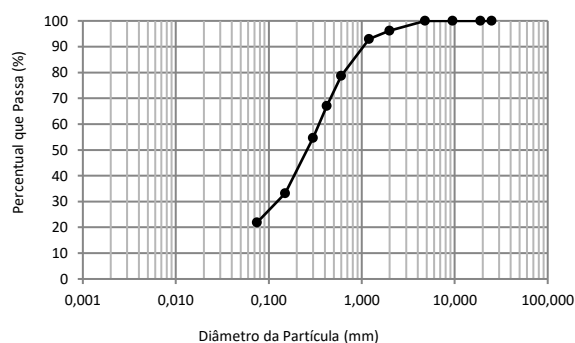
Fonte: Autoria própria (2023)

Figura 22 – Curva granulométrica: Amostra 04



Fonte: Autoria própria (2023)

Figura 23 – Curva granulométrica: Amostra 05



Fonte: Autoria própria (2023)

Na tabela 1, temos valores obtidos no ensaio de granulometria após análise da curva de casa amostra, de acordo com sua distribuição granulométrica.

Tabela 1: Resultados do ensaio de granulometria

Valores	Amostra 01	Amostra 02	Amostra 03	Amostra 04	Amostra 05
Finos (Silte = Argila)	29%	22%	35%	31%	22%
Areia fina	21%	20%	18%	19%	20%
Areia média	32%	34%	27%	32%	40%
Areia grossa	16%	18%	17%	13%	12%
Pedregulho	2%	5%	3%	5%	4%

Fonte: Autoria Própria (2023)

A distribuição granulométrica é composta por finos (Argila+Silte) entre 35% e 22%, areia fina entre 21% a 18%, areia média de 40% a 27%, areia grossa entre 18% e 12% e pedregulho entre 5% e 2%. Desse modo, é verificado com que todas as amostras são predominantemente granulares.

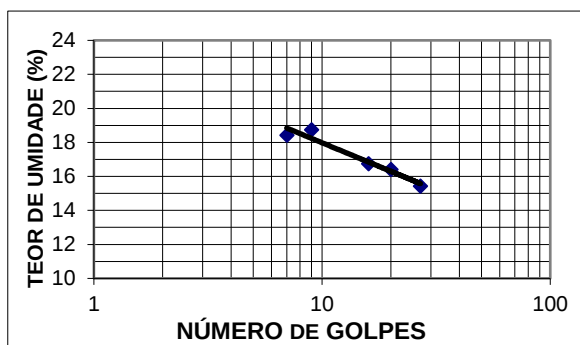
5.1.2 Ensaio Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade

Neste item, será apresentado os ensaios de limite de liquidez e limite de plasticidade com seus respectivos resultados.

5.1.1.2 Amostras

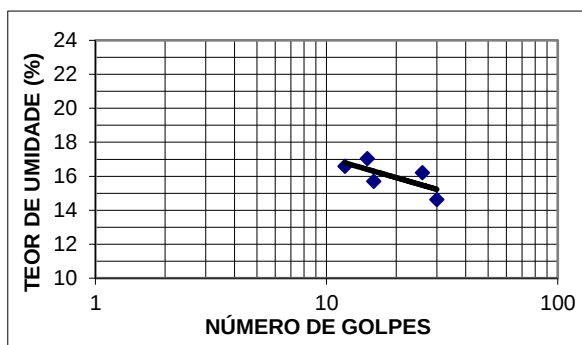
Apresentado por meio das Figuras 24, 25, 26, 27, 28 as retas da curva de fluidez obtidas no ensaio de limite de liquidez.

Figura 24 – Curva de Fluidez: Amostra 01



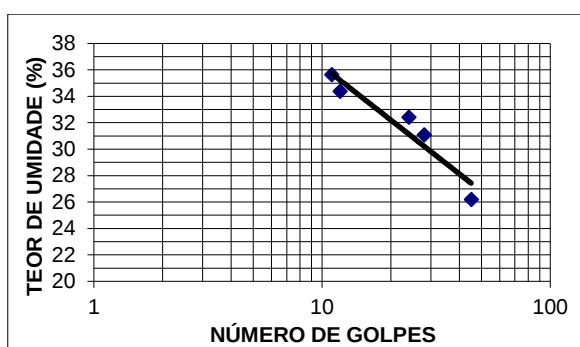
Fonte: Autoria própria (2023)

Figura 25 – Curva de Fluidez: Amostra 02



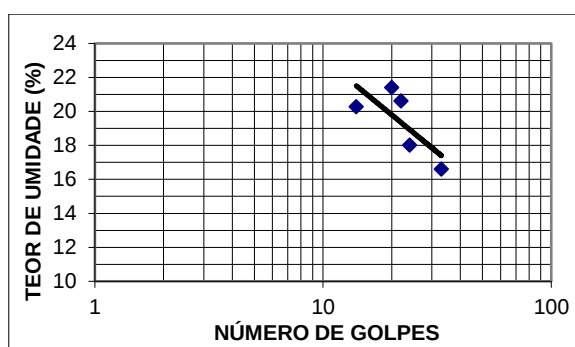
Fonte: Autoria própria (2023)

Figura 26– Curva de Fluidez: Amostra 03



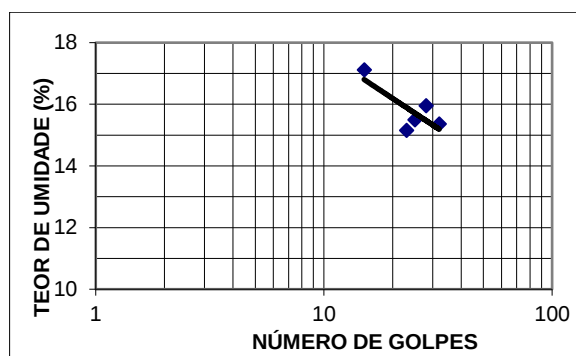
Fonte: Autoria própria (2023)

Figura 27 – Curva de Fluidez: Amostra 04



Fonte: Autoria própria (2023)

Figura 28– Curva de Fluidez: Amostra 05



Fonte: Autoria própria (2023)

Na tabela 2, temos valores obtidos no ensaio de limite de liquidez e plasticidade, juntamente com o valor do índice de plásticidade.

Tabela 2: Resultados dos ensaios de limite de liquidez e plasticidade

Valores	Amostra 01	Amostra 02	Amostra 03	Amostra 04	Amostra 05
LL	16%	16%	31%	19%	16%
LP	13%	NP	11%	12%	14%
ID	3%	NP	20%	7%	3%

Fonte: Autoria própria (2023)

Com os resultados obtidos, se tem que, o limite de liquidez para as cinco amostras ficou entre 16% e 31%, sendo apenas a amostra três com um alto teor de umidade. Para o limite de plasticidade para as amostras ficou entre 14% e 11%, onde apenas a amostra dois se mostrou não plástica (NP). Para o índice de plasticidade temos entre 20% e 3%, sendo apenas a amostras três com valor superior as demais por causa do seu alto índice de umidade e amostra dois sendo NP.

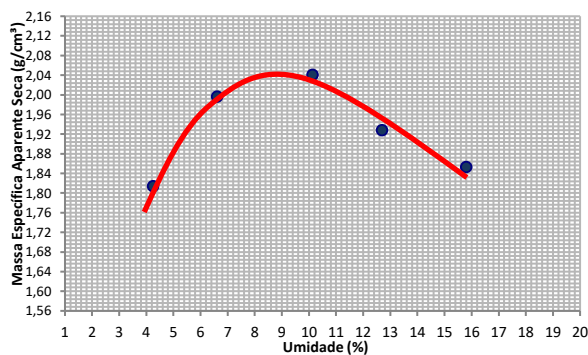
5.1.3 Ensaio de Compactação

O ensaio de compactação do solo, obtido ao se fazer a adição de 2% a 3% de umidade em cada amostra, em um solo com secagem prévia. Assim, será apresentado as curvas de compactação de cada amostra e sua análise.

5.1.3.1 Amostras

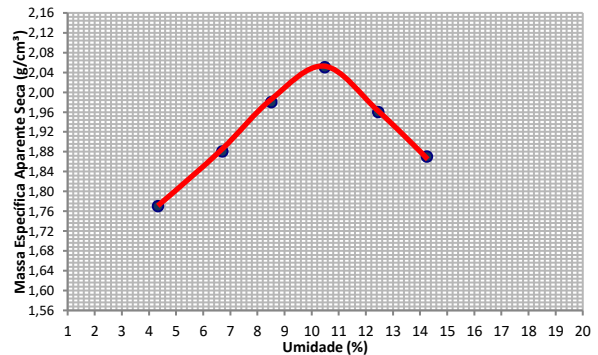
Após realizado o ensaio de compactação se obteve as curvas de compactação para cada amostra conforme as Figuras 29, 30, 31, 32 e 33.

Figura 29 – Curva de Compactação: Amostra 01



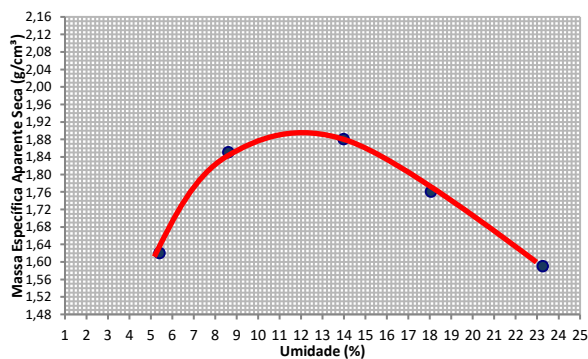
Fonte: Autoria própria (2023)

Figura 30– Curva de Compactação: Amostra 02



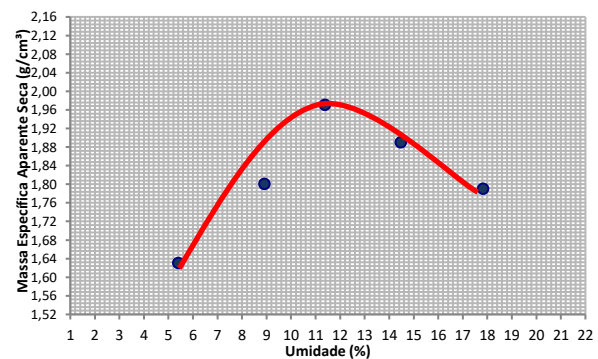
Fonte: Autoria própria (2023)

Figura 31– Curva de Compactação: Amostra 03



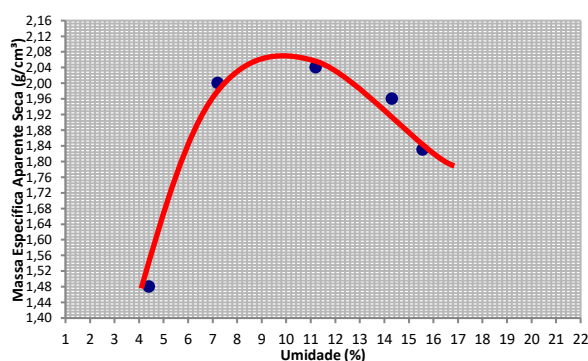
Fonte: Autoria própria (2023)

Figura 32– Curva de Compactação: Amostra 04



Fonte: Autoria própria (2023)

Figura 33– Curva de Compactação: Amostra 05



Fonte: Autoria própria (2023)

Com as curvas de compactação obtidas, se tornou possível obter os valores da densidade seca máxima e da umidade ótima para cada amostras (Tabela 3).

Tabela 3: Resultados do ensaio de compactação.

Valores	Amostra 01	Amostra 02	Amostra 03	Amostra 04	Amostra 05
Densidade seca máxima	2,04 g/cm	2,08 g/cm	1,90 g/cm	1,98 g/cm	2,06 g/cm
Umidade ótima	8,8%	10,4%	12,2%	11,8%	9,90%

Fonte: Autoria própria (2023)

Para os resultados obtidos após a realização do ensaio de compactação e obtenção das respectivas curvas, se tem que para as cinco amostras a densidade seca máxima se encontra entre 1,90 g/cm e 2,08 g/cm e a umidade ótima entre 12,2% e 11,8%.

5.1.4 Classificação Método Unificado e Rodoviário

Neste item, serão apresentados os resultados obtidos analisar os resultados de limite de plasticidade, limite de liquidez e granulometria, para a análise e classificação de acordo com o método unificado e rodoviário de classificação.

5.1.4.1 Método Unificado de Classificação (SUCS)

Na Quadro 3, será apresentado a classificação das amostras.

Quadro 3 – Classificação Método Unificado (SUCS)

Amostra	Sigla	Tipo
01	SM	Areia Siltosa
02	SM	Areia Siltosa
03	SC	Areia Argilosa
04	SM	Areia Siltosa
05	SM	Areia Siltosa

Fonte: Autoria Própria (2023)

Após a classificação temos que apenas a amostra três se encontra como areia argilosa e as demais foram classificadas como areia siltosa.

5.1.4.2 Sistema Rodoviário

Na Quadro 4, será apresentado os resultados da classificação pelo sistema rodoviário.

Quadro 4 – Classificação Método Rodoviário

Amostra	Grupo	Tipo de Material	Classif. p/ subleito
01	A-2-4	Pedregulhos e argilas siltosas ou argilas.	Excelente a bom
02	A-2-4	Pedregulhos e argilas siltosas ou argilas.	Excelente a bom
03	A-7-6	Pedregulhos e argilas siltosas ou argilas.	Regular a mau
04	A-2-4	Pedregulhos e argilas siltosas ou argilas.	Excelente a bom
05	A-2-4	Pedregulhos e argilas siltosas ou argilas.	Excelente a bom

Fonte: Autoria Própria (2023)

Após analisado os resultados dos ensaios de granulometria, limite de liquidez e plasticidade, foi possível obter que apenas a amostra três é classificada como parte do grupo A-7-6 e as demais amostras se encontram no grupo A-2-4. Para todas as amostras o material é do tipo pedregulhos e argilas siltosas ou argilas, classificação do subleito sendo regular a bom para a amostra três e

para as demais amostras classificado como excelente a bom.

5.2 Caracterização Química

A Tabela 4 apresenta os resultados da caracterização química do solo das cinco amostras. De acordo com o Manual da EMBRAPA (1999).

Tabela 4 - Resultado das análises químicas dos solos da Salina

Análises	Unidade	Amostras				
		1	2	3	4	5
pH	H ₂ O	7,4	7,3	6,98	8,5	7,6
M.O	g/kg	3,31	2,48	2,13	1,71	0,43
Sódio	mg/dm ³	9652,3	13667,2	7931,6	10130,2	783,6
Al ³⁺	cmolc/dm ³	0	0	0	0	0
t	cmolc/dm ³	54,64	126,97	67,9	76,03	22,28
CTC a pH	cmolc/dm ³	54,64	126,97	67,9	76,03	22,28
SB	cmolc/dm ³	54,64	126,97	67,9	76,03	22,28
PST	-	77	47	51	58	15
Cu	mg/dm ³	0,12	0,16	0,07	0,03	0,01
Fe	mg/dm ³	43,27	100,45	128,75	5,29	49,8
Mn	mg/dm ³	7,27	1,85	10,35	17,98	9,41
Zn	mg/dm ³	0,48	0,7	0,74	0,41	0,24

Fonte: Autoria própria (2023)

O pH das amostras 1,2,4 e 5 se encontra acima de 7 sendo assim considerado um solo com índice de pH muito alto e amostra 3 com o índice acima de 6,1 considerada com pH alto. Assim, Prezotti & Guarçoni, (2013), indicam que o pH mede a acidez que se encontra ativa no solo, sendo essa a atividade de H⁺ presente em um solo. Logo, os solos das amostras ainda segundo Prezotti & Guarçoni (2013), por causa do valor muito alto de pH, em que as cinco amostras se encontram com pH mais alto do que 6,5 esses solos tem uma redução de forma notável na disponibilidade dos micronutrientes zinco (Zn), Cobre (Cu), Ferro (Fe) e Manganês (Mn). Nesses solos, a solubilidade do ferro diminui em mil vezes cada vez que a unidade de pH solo aumenta, aproximadamente.

Para a Matéria Orgânica (M.O), que no caso é a matéria orgânica encontrada no solo, para as amostras 1, 2 e 3 valores entre 2 a 4, com teor médio de M.O e para as amostras 4, sendo entre 0,71 a 2 com teor baixo de M.O e amostra 5 com teor de M.O abaixo de 0,70, assim sendo um solo com teor muito baixo em M.O (EMPRAPA,1999). O teor de matéria orgânica serve como um indicativo do potencial produtivo do solo (Prezotti & Guarçoni 2013).

No conjunto Sódio (Na) e Percentual de Sódio Trócaval (PST), que indicam o teor de sódio disponível e a porcentagem de sódio trocável, os valores obtidos de Na nas amostras 2 e 4 são maiores que 10 mil cmolc/dm³, nas amostras 1 e 3 maiores que 7 mil cmolc/dm³ e a amostra 5

superior a 700 cmolc/dm³. Sendo assim, de acordo com Prezotti & Guarçoni (2013), as amostras se encontram com alto teor de sódio, logo as mesmas podem causar um efeito depressivo na produtividade desse solo, dificultando a absorção de água e nutrientes. Para o PST, as amostras 1, 2, 3 e 4 apresentam valor maior que 15%, sendo considerado solos sódicos e a amostra 5 com um valor igual a 15, sendo considade um solo sódico também (EMBRAPA, 1999). Mas, se tratando de um solo coletado em salina, era o esperado, já que o mesmo está em situação extrema em relação a salinidade do solo, podendo observar que mesmo o Manual da EMBRAPA, usa como base valores entre 6 e 15, onde os solos das amostras dispõem de mais de o dobro desse valor, apenas a amostra 5 sendo no limite do valor igual a 15.

O solo da Salina Victor Sal – Grossos/RN, apresenta um Alumínio (Al³⁺) para as cinco amostras segundo o Manual da EMBRAPA (1999), o alumínio trocavel das cinco amostras se encontra a baixo de 4,5, sendo considerado muito baixo. Em que , para Prezotti & Guarçoni (2013), o teor de alumínio na forma iônica que é a forma tóxica das planta, mas, quando o pH do solo se encontra em um valor acima de 5,5, o teor de alumínio deverá ser zero. Pois, com o valor de pH acima de 5,5 como foi o caso dos solos das amostras coletadas não existe presença de alumínio na forma de Al³⁺.

No caso da Capacidade de Troca Catiônica (CTC) efetiva as cinco amostras ficaram bem mais acima de 8 cmolc/dm³ e a CTC a pH 7,0 das cinco amostras com valor bem mais elevado que 15 cmolc/dm³ onde as amostras são consideradas com valor muito alto de CTC (EMBRAPA, 1999). Assim, o potencial produtivo do solo, apresentando um valor muito alto, acima de 10 cmolc/dm³ dispõe de elevado poder tampão, significa que o solo necessita de alta quantidade de calcário para que o pH seja alterado (Prezotti & Guarçoni 2013).

Para Saturação por base (SB), a saturação por bases as amostras 2, 3 e 4 se encontram entre 61 e 80 cmolc/dm³, consideradas com um valor bom de saturação, amostra 1 com valor entre 41 a 60 cmolc/dm³ com valor de saturação médio e a amostra 5 com valor entre 21 a 40 cmolc/dm³, com baixo valor de saturação (EMBRAPA, 1999). No caso das amostras 1 e 5, que possui valor baixo e médio de saturação de base, se caso, fosse necessário fazer um aumento dessa saturação, se utilizar o método de calagem até que o solo se encontrasse dentro do valor de cultura, e ao ocorrer essa elevação o teor de acidez do solo acaba por diminuir (Prezotti & Guarçoni 2013).

Os micronutrientes analisados, onde o Cobre (Cu) de todas as amostras se encontra com valores menores que de 0,35 mg/dm³, sendo consideradas com baixo teor de cobre. O Ferro (Fe) as amostras 2, 3 e 5 apresentam alto teor de ferro pois estão acima de 45 mg/dm³, a amostra 2 com teor médio de ferro com valor entre 20 a 45 mg/dm³ e amostra 4, com teor de ferro muito baixo já que se encontra bem abaixo de 20 mg/dm³. No caso do Zinco (Zn), as cinco amostras apresentam

valor abaixo de 1 mg/dm³, sendo consideradas com o teor de zinco baixo. Para o Manganês (Mn), as amostras 3 e 4 apresentam valor muito alto de manganês, pois estão bem mais altas do que 12 mg/dm³, para amostras 1 e 5, nível médio por estarem entre 5 e 12 mg/dm³, por fim a amostra 2 com valor baixo em manganês (Prezotti & Guarçoni 2013).

6. CONCLUSÕES

O estudo realizado na Salina localizada no Município de Grosso/RN, teve como intuito a caracterização física e química do solo, determinando as características desse solo e sua tipagem, com ensaios realizados em laboratório.

Para a caracterização física, os ensaios de limite de liquidez e plasticidade mostraram que apenas a amostra 03 possui valores de LL e LP acima das demais amostras. O ensaio de granulometria mostrou que as cinco amostras dispõem de uma distribuição granulométrica predominantemente granular. O ensaio de compactação utilizado energia proctor normal com secagem prévia, por meio das curvas obtidas mostra que a densidade seca máximo do solo, importante para a capacidade de suporte não passou de 2,1 g/cm, e o teor de umidade ótima, essencial para uma compactação eficiente, variam entre 8% e 14%. De acordo com o método SUCS apenas o solo da amostra 03 é do tipo areia argilosa e das demais amostras do tipo areia siltosa.

Em relação a caracterização química, os resultados mostraram que as amostras possuem pH de alto a muito alto, e esse pH alto acaba por interferir nos outros componentes químicos como o alumínio que se torna zero pelo valor elevado de pH. Além disso, o solo das amostras possui baixo teor dos micronutrientes e baixa absorção de água pode vir a ser um solo pouco produtivo, sendo necessário o uso de calcário para que o pH seja alterado e o índice de matéria orgânica sendo baixo para todas as amostras.

Com os resultados dos ensaios físicos e químicos obtidos se pode indicar que o solo estudado nas cinco amostras pode ser do tipo apicum. Por tanto, como indicação para pesquisas futuras é proposto que a análise do solo de salina tenha sua continuação, para total confirmação se o solo estudado é área de mangue ou apicum, é necessário que mais ensaios sejam realizados.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, M. C. **O território do sal:** a exploração do sal marinho e a produção do espaço geográfico no Rio Grande do Norte. Natal: URRN/CCHLA, Editora Universitária, 1995. P.73.
- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resultado do monitoramento do teor de iodo no sal para consumo humano:** Ano 2014. Disponível em: <
<http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/395584/Relat%C3%B3rio+Pro+Iodo+2014/9fcd a63e-a164-41f7-a32b-156399f30f1c>>. Acesso em: 20 fev. 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR 7181 (2016). **Solo – análise granulométrica.** Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR 7182 (2016). **Solo – Ensaio de Compactação.** Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, NBR 6457, (2016). **Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização.** Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, NBR 6459, (2016). **Solo - Determinação do limite de liquidez.** Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, NBR 6502, (1995). **Rochas e Solos.** Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, NBR 7180, (2016). **Solo - Determinação do limite de plasticidade.** Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, NBR 9604 (2016). **Abertura de poço e trincheira de inspeção em solo, com retirada de amostras deformadas e indeformadas.** Rio de Janeiro.
- BARBOSA, F. M. A. et al. Status and distribution of mangroves in Mozambique. **South African Journal of Botany**, v.67, n.3, p.393- 398, 2001.
- CÂMARA, C. A. L. **Produção de sal por evaporação solar.** 1ed. Natal: Antenna Edições técnicas, 1999.
- COSTA, D. F. S. et al. Análise dos serviços ambientais prestados pelas salinas solares. **Boletim Gaúcho de Geografia**, v. 41, p. 206-220, 2014a.
- DAVIS J: Structure, function, and management of the biological system for seasonal solar saltworks. **Global NEST Journal**, Greece, v.2, n.3, p.217-226, 2000.
- DE MEDEIROS ROCHA, R.; CAMARA, M. R. 1993. **Prediction, monitoring and management of detrimental algal blooms on solar saltworks.** In: 7rd International Symposium on Salt, anais...Salt Institute v. 1, p. 657-660.

DINIZ, M. T. M; PEREIRA, V. H. C. Climatologia do estado do Rio Grande do Norte, Brasil: Sistemas Atmosféricos Atuentes e Mapeamento de Tipos de Clima. **Boletim Goiano de Geografia** (Online), v. 35, p. 488-506, 2015.

DINIZ, Marco Túlio Mendonça; VASCONCELOS, F. P.; MARTINS, M. B. Inovação tecnológica na produção brasileira de sal marinho e as alterações sócioterritoriais dela decorrentes: uma análise sob a ótica da teoria do empreendedorismo de Schumpeter. *Sociedade e Natureza*, Uberlândia, v. 27, n.3, p.421-438, 2015.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa (1997). **Manual de métodos de análise de solo. 2. ed.** Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisas de Solos. 212p.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa (1999). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Rio de Janeiro, 412p.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 5. ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

FERNANDES, Rogério Taygra Vasconcelos. **Atividade salinizada em manguezais do semi-árido: Impactos ambientais e reflexos econômicos da recuperação ou compensação ambiental das áreas degradadas.** 2019. 99 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência Animal, Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, Universidade Federal Rural do Semi-Árido(ufersa), Mossoró, 2019.

LIMA, Luiza Beattrys Pereira dos Santos, Elisabete Stradiotto Siqueira, Marcus Pinto Aguiar, Lilian Caporlingua Ciesta Cabral. **Análise da Exploração Econômica das Salinas nas Áreas de Preservação Permanente (APP) no Estuário Apodi-Mossoró sob a Medição do Direito de Desenvolvimento.** Apresentado no XXII ENGEMA, novembro de 2020.

MENESES, Moirah Paula Machado de; Mehlig, Ulf. **Manguezais: As Florestas da Amazônia Costeira.** *Ciência Hoje*: vol. 44. n. 264, outubro de 2009.

PINHEIRO, M. A. A., & Talamoni, A. C. B. (2018). **Educação Ambiental sobre Manguezais** (1º edição). Grupo de Pesquisa Crusta.

PREZOTTI, Luiz Carlos; GUARÇONI, André M. Guia de Análise de Solo e Foliar. Incaper. 2013.

RADAMBRASIL. **Levantamento de Recursos Naturais - Geologia/Geomorfologia/Pedologia/Vegetação/Uso Potencial da Terra.** Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia. v. 23 – Folhas SB. 24/25 – Jaguaribe /Natal, 1981.

SÁ, Mário Vieira de (1946) – Sal comum: sal do mar e sal de mina. Lisboa: Livraria Sá da Costa.

SANTOS, Humberto Gonçalves et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 3. ed. Rev. Amp.– Brasília - DF: EMBRAPA, 2013.

SARNO, F. **Estimativa do consumo de sódio no Brasil, revisão dos benefícios relacionados à limitação do consumo deste nutriente na síndrome metabólica e avaliação de impacto de**

- intervenção no local de trabalho.** 2010. Tese (Doutorado em Ciências). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y. et al. Alguns impactos do PL 30/2011 sobre os Manguezais brasileiros. In: SOUZA, G.; JUCÁ, K.; WATHELY, M. (Orgs.). **Código Florestal e a Ciência: O que nossos legisladores ainda precisam saber.** 2012. Disponível em: Acesso em 17 nov. 2017.
- SIESAL. Sindicato da Indústria da Extração do Sal no Estado do Rio Grande do Norte. **Atas das assembleias ordinárias,** Mossoró, Rio Grande do Norte, 2016.
- SILVA, Maria de Fátima Rodrigues da. 2011. "**Sal: contributo do design industrial para a normalização e diminuição do consumo**", Design Industrial, FEUP.
- SOUZA, PINTO, Carlos de. Curso Básico de Mecânica dos Solos. 3. Ed. 2016.
- TARASAUTCHI, D. **SAL: definições, processamento e classificação.** USP, 2008. Disponível em: <http://www.nutrociencia.com.br/upload_files/arquivos/Artigo%20-%20sal.pdf>. Acesso em: 15 de junho de 2023.
- TRINDADE, S. L. T.; ALBUQUERQUE, G. J. **Sub-sídios para o Estudo da história do Rio Grande do Norte.** 2 ed. –Natal (RN): Sebo Vermelho, 2005.
- UCHA, J, M; SANTANA, P. S. S. BARRETO, E, do N., VILAS BOAS, G da S.; GOMES, A. S. R. **Estudo preliminares sobre a gênese dos apicuns no Estado da Bahia.** In: Internacional Conference Mangrove 2003, Salvador 2003. Anais. Salvador, 2003. CD-ROM.
- UCHA, José Martin, Gisele M. Hadlich e Joil Jose Celino. **Apicum: Transição entre Solos de Encostas e de Manguezais.** Revista E.T.C., (2018).