



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA
DOUTORADO EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA

FLÁVIO DE OLIVEIRA BASÍLIO

**PROPRIEDADES FÍSICO-HÍDRICAS, MECÂNICAS E QUÍMICAS DE UM SOLO
CULTIVADO COM MELOEIRO NO SEMIÁRIDO POTIGUAR**

MOSSORÓ

2021

FLÁVIO DE OLIVEIRA BASÍLIO

**PROPRIEDADES FÍSICO-HÍDRICAS, MECÂNICAS E QUÍMICAS DE UM
SOLO CULTIVADO COM MELOEIRO NO SEMIÁRIDO POTIGUAR**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutor em Manejo de Solo e Água.

Linha de Pesquisa: Impactos Ambientais pelo Uso do Solo e da Água.

Orientador: Prof.^o Dr.
Marcelo Tavares Gurgel.

MOSSORÓ

2021

© 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 tornar-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.

B312p Basílio, Flávio de Oliveira.
Propriedades físico-hídricas, mecânicas e químicas de um solo cultivado com meloeiro no semiárido potiguar / Flávio de Oliveira Basílio. - 2021.
83 f. : il.

Orientador: Marcelo Tavares Gurgel.
Coorientador: Neyton de Oliveira Miranda.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Manejo de Solo e Água, 2021.

1. Cucumis melo L. 2. Manejo do solo. 3. Atributos do solo. 4. Componentes de produção. 5. Região Semiárida. I. Gurgel, Marcelo Tavares, orient. II. Miranda, Neyton de Oliveira, co-orient. III. Título.

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

Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência

Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva

CRB: 15/120

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.

FLÁVIO DE OLIVEIRA BASÍLIO

**PROPRIEDADES FÍSICO-HÍDRICAS, MECÂNICAS E QUÍMICAS DE UM
SOLO CULTIVADO COM MELOEIRO NO SEMIÁRIDO POTIGUAR**

Tese apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do Semi- Árido como requisito para obtenção do título de Doutor em Manejo de Solo e Água.

Linha de Pesquisa: Impactos Ambientais pelo Uso do Solo e da Água.

Defendida em: 30/11/2021

BANCA EXAMINADORA

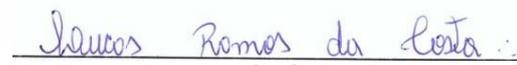
MARCELO TAVARES
GURGEL:01880476460

Assinado de forma digital por MARCELO
TAVARES GURGEL:01880476460
Dados: 2022.03.07 10:44:32 -03'00'

Prof. Dr. Marcelo Tavares Gurgel
Presidente (UFERSA)



Dra. Kaline Dantas Travassos
(Externo)



Dr. Lucas Ramos da Costa (Externo)



Dr. Raniere Barbosa de Lira (Externo)



Dr. Raimundo Fernandes de Brito
(Externo)

Dedico esta Tese,

A Deus, que sempre me concedeu honestidade de trabalho e estudo.

Aos meus pais “In Memoriam” Canquinho e Lindalva, me ensinaram de tudo, apesar das dificuldades.

A minha esposa, Cristiane Rochele, aos meus filhos, Basílio Neto, Ana Flávia e Milena, obrigado por tudo.

AGRADECIMENTOS

Grato a Deus o todo poderoso que sempre está comigo, sempre coloca e ilumina novos desafios.

Aos meus Pais que sempre acreditaram nas minhas capacidades de fazer melhor.

Aos meus irmãos Ferrari, Fábio, Fabiani, Flaviane, Fernando e Fred por todo apoio quando preciso.

Ao meu Orientador e Amigo Dr Marcelo Tavares Gurgel sempre com incentivos de vitórias.

Ao Dr Nildo da Silva Dias pela oportunidade da sua amizade.

Ao Doutores e Amigos Newton Miranda e Lucas Ramos pelas contribuições nas análises estatísticas.

Aos demais professores do PPGMSA pelos significantes ensinamentos.

Ao grupo de pesquisa, Peter, Claudione, João Paulo, Jonas, Léo e Higor por toda parceria.

Aos meus companheiros do Programa Manejo de Solo e Água pelo apoio durante todo esse período.

Aos meus amigos, em especial Kaline Travassos e Michael Rangel, vocês estarão sempre no meu coração.

Agradeço ao Colegiado do PPGMSA pelos ensinamentos durante a oportunidade de ser representante da classe discente.

Enfim, a todos e também os que eu não citei, saibam da importancia de vocês nessa conquista.

“Ninguém é tão rico que não precise de nada, assim como não existe ninguém tão pobre que não tenha nada pra doar ao Senhor”

Autor desconhecido

RESUMO GERAL

A mecanização é muito importante para o sistema de produção agrícola, pode causar modificações nas características físicas do solo quando não se observam e não se efetuam as devidas adaptações durante o seu preparo. Para o plantio de cucurbitáceas o tráfego contínuo e inadequado de máquinas e a ação dos implementos no preparo do solo, tratos culturais e colheita podem levar ao incremento da compactação. Objetivou-se com este trabalho avaliar as alterações físicas, químicas e mecânicas de um VERTISSOLO HÁPLICO Ótico causado pelo tráfego de máquinas e ação de implementos agrícolas em uma área cultivada com o meloeiro irrigado. A pesquisa foi desenvolvida em uma área de assentamento estadual, no município de Upanema (RN), comparando dois tipos de situações, com áreas de um hectare cada, sendo a primeira em área de mata nativa (Testemunha) e a segunda em uma área cultivada com meloeiro irrigado explorada há dez anos consecutivos. Os solos das duas áreas foram avaliados nas seguintes profundidades: 0,0-0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,30 e 0,30-0,40m. Em cada área foi aplicado o sistema de amostragem em malha com espaçamento regular de 20 x 20 m. Os parâmetros físicos avaliados no solo foram (textura, estrutura, densidade do solo e de partículas e porosidade), químicos (potencial hidrogeniônico, matéria orgânica do solo, condutividade elétrica, teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio e sódio, acidez trocável, capacidade de troca de cátions e percentagem de sódio trocável e mecânicos (compactação). Também foram realizados estudos nos frutos visando determinações de produtividade (número, pesos médios dos frutos dos tipos de primeira e segunda) e qualidade (°brix, aparência externa, formato e espessura do mesocarpo, pH, sólidos solúveis totais e acidez). Para a análise dos dados foi usada a análise multivariada para a distinção dos ambientes estudados em relação aos atributos avaliados e a estatística descritiva para levantamento exploratório através da correlação e regressão para identificar as causas da variabilidade em produtividade e qualidade.

Palavras chave: *Cucumis melo* L. Manejo do solo. Índices de qualidade.

CAPÍTULO I - ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DE UM VERTISSOLO EM ÁREA DE PRODUÇÃO DE MELOEIRO

Figura 1	–	Localização da área de estudo: Sítio Lagoa no Município Upanema, Rio Grande do Norte, Brasil.....	20
Figura 2	–	Coleta de solo na área cultivada e mata nativa.....	22
Figura 3	–	Penetrômetro usado na área nativa e mata de reserva.....	26
Figura 4	–	Dendrograma vertical da matriz de distâncias do Vertissolo pelo método de agrupamento wsr.....	32
Figura 5	–	Distribuição das variáveis, no círculo de correlações do plano fatorial F1 x F2, F1 x F3, F1 x F4: (A) (B), (C), dos atributos químicos, produção e qualidade dos frutos com cargas fatoriais superiores a 0,70 (módulo) e distribuição da nuvem de pontos.....	37
Figura 6	–	Mapas dos teores de RMSP em Kpa na área cultivada para as camadas; A - 0 à 10 cm, B - 10 à 20 cm, C - 20 à 30 cm e D - 30 – 40 cm. Coordenadas UTM – Datum; WGS 84, zona 24S e escala de 1:1500, Upanema-RN.....	39
Figura 7	–	Resistência a penetração nas áreas cultivada (A) e de mata nativa (B).....	40

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I - ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DE UM VERTISSOLO EM ÁREA DE PRODUÇÃO DE MELOEIRO

Tabela 1 – Ambientes, histórico de uso e coordenadas geográficas referentes as áreas.....	21
Tabela 2 – Níveis de fertilidade para a interpretação de análises de solos em uso nos laboratórios do Estado de Minas Gerais.....	25
Tabela 3 – Atributos químicos dos solos nas duas áreas estudadas do Sítio Lagoa, Upanema/RN.....	28
Tabela 4 – Matriz de correlação entre as variáveis físicas e químicas das camadas de solos do Sítio Lagoa, Upanema/RN.....	31
Tabela 5 – Matriz de correlação entre as variáveis físicas e químicas das camadas de solos do Sítio Lagoa, Upanema/RN.....	33
Tabela 6 – Matriz de correlação entre as variáveis químicas com a produção e qualidade do fruto do Sítio Lagoa, Upanema/RN.....	35
Tabela 7 – Matriz de cargas fatoriais após rotação ortogonal pelo Método Varimax para as variáveis químicas, produção e qualidade, Sítio Lagoa, Upanema/RN.....	35
Tabela 8 – Compactação do solo cultivado e da área de mata nativa, Sítio Lagoa, Upanema/RN, 2021.....	40

CAPÍTULO I – ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DE UM VERTISSOLO EM ÁREA DE PRODUÇÃO DE MELOEIRO

RESUMO: As características físicas, químicas e mecânicas do solo são modificadas significativamente pelo seu manejo. Objetivou-se com o presente trabalho avaliar a fertilidade e a resistência mecânica do solo à penetração das raízes em duas áreas, uma cultivada com meloeiro e outra de mata nativa (Testemunha). As coletas foram realizadas nas duas áreas medindo 1,0 hectare. No campo os pontos foram georreferenciados e as amostras de solo foram coletadas nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm. Foram analisados os seguintes atributos físicos (textura, estrutura, densidade do solo e de partículas e porosidade), químicos (pH, matéria orgânica do solo, condutividade elétrica, teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio e sódio, acidez trocável, capacidade de troca de cátions e percentagem de sódio trocável) e mecânicos (resistência média do solo à penetração). As leituras de resistência média de solo a penetração foram obtidas com auxílio de um penetrômetro eletrônico. Na área cultivada com melão as leituras foram realizadas em malha não regular de 87 pontos e na área de mata nativa a amostragem foi realizada em malha não regular de 8 pontos. Foram empregadas técnicas de geoestatística para ajuste de semivariograma no modelo exponencial, interpolação de dados e elaboração de mapas de isovalores para cada variável. Os resultados médios obtidos na análise química mostraram a lixiviação de sais. É provável que a adubação tenha contribuído com aumento do pH do solo. Sobre a análise do índice de cone nas duas áreas configuraram compactação de média a moderada, ficando evidente que a mecanização não está compactando o solo.

Palavras-chave: *Cucumis melo* L. Manejo do solo. Atributos do solo. Região Semiárida.

CHAPTER I – SOIL CHEMICAL AND PHYSICAL ATTRIBUTES IN AN AREA OF MELON PRODUCTION

ABSTRACT: The physical, chemical and mechanical characteristics of the soil are significantly modified by its management. Therefore, this study aimed to evaluate soil fertility and mechanical resistance to root penetration in two areas, one cultivated with melon and the other with native forest (Testemunha). Collections were carried out in two areas measuring 100 x 100 m. In the field, the points were georeferenced and soil samples were collected at depths of 0-10, 10-20, 20-30 and 30-40 cm. The following physical attributes (particle density and particle density), chemical (pH, soil organic matter, electrical conductivity, phosphorus, potassium, calcium, magnesium and sodium, exchangeable acidity, cation exchange capacity and sodium percentage) attributes were analyzed exchangeable) and mechanical (medium resistance of the soil to penetration). The mean soil penetration resistance readings were obtained with the aid of an electronic penetrometer. In the area cultivated with melon, the readings were carried out in a non-regular grid of 87 points and in the area of native forest, sampling was carried out in a non-regular grid of 8 points. Geostatistics techniques were used to adjust the semivariogram in the exponential model, data interpolation and elaboration of isovalue maps for each variable. The average results obtained in the chemical analysis showed the leaching of salts. It is likely that fertilization has contributed to an increase in soil pH. On the analysis of the cone index in the two areas, compaction of medium to moderate was configured, being evident that the mechanization is not compacting the soil.

Keywords: *Cucumis melon* L. Soil management. Attributes of the soil. Semiarid region.

SUMÁRIO

CAPÍTULO I

1	INTRODUÇÃO	13
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	14
3	MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1	Localização e caracterização da área experimental	21
3.2.	Coleta das amostras de solo e uso do penetrômetro	23
3.3.	Variáveis analisadas	25
3.4	Análise estatística.....	27
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.1	Atributos químicos do solo.....	28
4.2	Resistência do solo a penetração	31
4.3	Representação espacial das RSP (geoestatística)	39
5	CONCLUSÕES.....	43
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

CAPÍTULO II

1	INTRODUÇÃO	54
3	MATERIAL E MÉTODOS	56
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	62
5	CONCLUSÕES.....	77
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	77
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78

1 INTRODUÇÃO

O melão (*Cucumis melo* L.) é uma hortaliça-fruto, cujos frutos possuem grande expressão econômica e popularidade, cultivada em várias regiões do mundo devido a sua adaptação a vários solos e climas (WU et al., 2020). Em 2019 foram colhidas no Brasil, aproximadamente, 581.478 toneladas de melões em uma área de produção de 23.342 hectares (ha) com rendimento médio de 24.930 kg.ha⁻¹, com destaque para os estados da região Nordeste, responsável por 95% da produção nacional e com venda de melões frescos para o exterior, com forte influência na balança comercial, as exportações da fruta somaram quase US\$ 160 milhões (ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTI & FRUTI, 2020).

Os solos de origem aluvial são bastante explorados por produtores familiares e por isso, merecem estudos acerca da resistência do solo à penetração possibilitando propor alternativas para o seu manejo, de forma a minimizar a degradação pela compactação, cujos prejuízos à produtividade das culturas e à renda das famílias são significativos.

Pesquisas em solos de origem aluvial têm demonstrado que operações periódicas de preparo desses solos e o tráfego de máquinas agrícolas, ao longo dos anos, podem promover a compactação subsuperficial, dificultando a movimentação de água, ar e raízes, inclusive sérios problemas de drenagem. (Mascarenhas et al., 2015).

O processo de formação das planícies de aluvionamento é bem conhecido. Segundo Telles (1988) quando ocorrem grandes chuvas, as águas em elevação estão sempre carregadas de elementos em suspensão e quando extravasam, abandonando a calha, perdem a capacidade de transporte e passam a depositá-los. Os solos aluviais, afirmam Resende et al. (1988), são provenientes de depósitos aluviais e possuem horizonte escurecido sobre camadas estratificadas, muito variáveis a pequenas distâncias, tanto na horizontal como na vertical.

O estudo do comportamento mecânico dos solos de origem aluvial, especialmente os Vertissolos é muito necessário, uma vez que, em áreas cultivadas com cucurbitáceas, o tráfego de máquinas é realizado para o preparo do solo, aplicação de fertilizantes e defensivos e na colheita (EMBRAPA, 2010). Vale ressaltar que no início da safra, logo após o período de inverno, o solo encontra-se saturado ou próximo da saturação, a realização do preparo convencional pode degradar a estrutura do solo, acelerando sua compactação.

É importante ressaltar que em Vertissolo com umidade elevada, como presente na cidade de Upanema – RN, ocorrem dificuldades no manejo e fica intransitável, por isso é deixado em pousio durante o inverno. Já na época de verão, de junho a dezembro, é muito explorado graças a sua alta fertilidade e da possibilidade do uso da irrigação através das águas do rio Umari que tornou-se perenizado depois da construção da barragem de Umari. Devido ao uso constante de

máquinas no preparo desse solo, a sua permeabilidade, o desenvolvimento das raízes e consequentemente a produção do melão podem estar sendo afetados de forma negativa. A mudança de uso e de práticas agrícolas podem modificar significativamente a estrutura do solo, favorecendo a ocorrência de compactação e diminuição dos teores de carbono. Dentre as operações necessárias à produção das culturas, o preparo do solo, utilizando máquinas e implementos agrícolas, em grande intensidade, tem causado aumento na resistência à penetração e na densidade do solo, redução na macroporosidade e na taxa de infiltração de água (Araújo et al., 2012).

Os Vertissolos como os que ocorrem na região de Upanema – RN, quando estão com umidade elevada, apresentam dificuldades de manejo e se tornam intransitáveis, por isso, são deixados em pousio durante o inverno. Entretanto, são muito explorados na época do verão, de junho a dezembro, devido à alta fertilidade e da possibilidade de irrigação, já que existe as águas do rio Umari que tornou-se perenizado depois da construção da barragem de Umari. Devido ao uso constante de máquinas no preparo desse solo pode estar afetando de forma negativa, a sua permeabilidade, o desenvolvimento das raízes e, consequentemente, a produção do melão.

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a fertilidade e a resistência mecânica do solo à penetração das raízes em duas áreas, uma cultivada com meloeiro e outra de mata nativa.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura do meloeiro

O meloeiro pertence à família Curcubitaceae, gênero *Cucumis* e espécie *Cucumis melo* L. Oliveira et al. (2009) enfatiza que entre os tipos de melão nobre que vem crescendo em volume exportado no país, tem-se o Cantaloupe e o Gália. Os melões do grupo Cantaloupe têm crescido sua produção também para atender o mercado interno, devido à maior aceitação e as poucas restrições impostas quanto a sua comercialização, sobretudo para o mercado regional (Medeiros et al., 2011). No Brasil, o melão é a décima terceira fruta mais produzida e a segunda em exportação de frutas frescas (Anuário Brasileiro da Fruticultura, 2018); é uma das principais frutas exportadas no país, para Holanda, Reino Unido, Espanha, Itália, Emirados Árabes, além da América Latina e América do Norte (Costa & Souza 2017). Essa olerícola é de grande importância econômica para o Rio Grande do Norte, como mostram os dados de levantamento do primeiro semestre do ano 2017, através do aumento da colheita, em relação ao mesmo período do ano anterior, girando em torno de 170%, e correspondendo a uma

movimentação financeira de U\$\$ 39,2 milhões. Dentre da variedade das cucurbitáceas, o meloeiro é uma das culturas mais exigentes em ponto de vista de manejo (Deus et al., 2015). Atualmente seu cultivo desenvolve-se melhor em altas temperaturas (Mallek-Ayadi et al., 2018). Na região Nordeste, apesar das restrições hídricas do solo semiárido, a fruticultura também se reveste de elevada importância econômica e social em diversas áreas, respondendo por 27% da produção nacional de frutas (Vidal & Ximens, 2016). A maior parte da produção nordestina de frutas é consumida no mercado interno, apenas uma pequena parcela é exportada (IBGE, 2019).

A nível mundial os melões mais cultivados são os tipos Cantaloupe, Amarelo Valenciano, Honey Dew e Pele-de-Sapo; no Nordeste os melões Amarelos predominam, seguido dos tipos Cantaloupe e o Verde Espanhol (EMBRAPA, 2002).

A produção do melão tipo Cantaloupe ou japonês possuem maior aceitabilidade, por possuírem melhores qualidades em teor de sólidos solúveis, aroma, e espessura diferenciada da polpa em comparação aos melões tradicionais (Medeiros et al., 2007).

Na região Nordeste, o melão amarelo do grupo inodorus é o mais cultivado, por apresentar plantas vigorosas, boa produtividade e atributos desejáveis para a exportação, incluindo sua boa conservação pós-colheita (Costa & Granjeiro, 2010). A região mostra-se promissora para produção de Melão e culturas nas quais necessitam de baixa umidade na superfície do solo e alta luminosidade. Assim sendo, o meloeiro apresenta constante crescente de produção nesta região do Brasil. Pesquisadores como Silva et al. (2011) e Viana et al. (2007), corroboram a potencialidade da região semiárida do nordeste brasileiro em produzir melão, principalmente no que se refere as condições edafoclimáticas.

A região Nordeste é a maior produtora do país respondendo por cerca de 95% da produção nacional, sendo o estado do Rio Grande do Norte responsável por 60% da produção enquanto que o Ceará ocupa o segundo lugar, representando 37,96% de toda a produção do país (IBGE, 2019). Em 2017, as exportações do estado potiguar aumentaram 200%, comparada ao ano anterior (Zebalos et al., 2017).

O pólo agrícola Mossoró/Assu, no Rio Grande do Norte, apresenta ótimas condições edafoclimáticas e possui destaque para o cultivo de fruteiras e olerícolas, dentre as quais, o melão, contribuindo tanto para o mercado interno como o externo (Medeiros et al., 2012). A existência de tais condições, permite o cultivo do melão durante o ano todo na região, porém, concentrando-se entre os meses de agosto a outubro, a fim de se evitar os períodos chuvosos (Costa & Dias, 2010). Contudo, sua produção exclusiva na região semiárida e o déficit hídrico exigem uma produção irrigada e conhecimento para utilizar esse recurso com precisão, por

meios tecnológicos e aperfeiçoamento na distribuição de água para as culturas de meloeiro (Oliveira et al., 2011).

2.2 A irrigação e o seu manejo

O manejo da irrigação é fator indispensável para o sucesso na produção da cultura do melão, alguns fatores climáticos como a temperatura, umidade relativa e insolação, que somado ao estágio fenológico do melão, cobertura do solo e índice de área foliar, definem a necessidade de água para a cultura e a frequência de irrigação (Costa et al., 2000). De acordo com Pereira Filho (2012), o manejo da irrigação é uma condição preponderante para a produção da cultura do melão, tanto no que concerne à produtividade como à qualidade dos frutos. Entre os métodos de irrigação existentes, destaca-se a irrigação localizada, em particular o gotejamento, principalmente por aplicar água de forma pontual, próximo a zona do sistema radicular da cultura, o que aumenta a eficiência de aplicação e conseqüentemente otimiza o uso do recurso água. Entre as principais vantagens da irrigação localizada, Oliveira et al. (2008) citam a alta eficiência de irrigação, permitindo um melhor controle da lâmina de água aplicada, e a diminuição das perdas por evaporação e percolação, não sendo afetado pelo vento nem pelo tipo de solo. Ainda, este método de irrigação permite a aplicação de fertilizantes de forma mais eficiente, o que favorece ao desenvolvimento das culturas e obtenção de maiores rendas para os agricultores.

A mesorregião Oeste Potiguar no Estado do Rio Grande do Norte, abrangendo oito municípios, dos quais, Baraúna, Grossos, Mossoró, Tibau, Assú, Apodi, Gov-Dix-Sept Rosado e Upanema, compondo uma área total de 8.107 Km². A região é banhada pelas bacias Piranhas/Assú, Apodi/Mossoró, encontrando a barragem Armando Ribeiro Gonçalves, a barragem de Santa Cruz no Apodi e a barragem de Umari em Upanema, com capacidade para 2,4 bilhões, 600 milhões e 300 milhões de m³ de água, respectivamente. Dando dessa forma, capacidade para o desenvolvimento da fruticultura, pela facilidade da captação de água nos respectivos reservatórios.

A constatação de problemas com solo compactado em produção comercial, causada pelos animais, durante o cultivo, ocorreu no início do século 19, antes mesmo que qualquer pesquisa tenha sido realizada com esse objetivo. Esses problemas continuaram a ser observados na segunda metade do século 19 e início do século 20, com a confirmação de que o uso de máquinas a vapor para cultivo compactava o solo.

Atualmente, a compactação do solo é considerada um problema multidisciplinar, em que máquina, solo, cultura e tempo interagem, impondo condições as quais podem ter conseqüências econômicas e ambientais no mundo da agricultura.

As forças externas de compactação são representadas pelo tráfego de veículos, animais ou pessoas e pelo crescimento de raízes, que forçam sua passagem entre as partículas do solo, aproximando-as; as forças internas são representadas pelos ciclos de umedecimento e secagem, congelamento e degelo, expansão e contração da massa do solo (Camargo & Alleoni, 1997).

A resistência mecânica do solo à penetração, entendida no meio agrícola como o impedimento que o solo oferece ao desenvolvimento do sistema radicular das plantas, é uma propriedade física do solo que influencia diretamente o crescimento das raízes e na parte área das plantas.

2.3. Histórico da área de estudo

A associação do Projeto de Assentamento e Reforma Agrária Geraldo Messias, localizada na Fazenda Lagoa, zona rural do município de Upanema-RN, é uma organização sem fins lucrativos, fundada em 2006 por 35 agricultores/as familiares, dessas 12 possuem bastante experiências em irrigação e exploram principalmente as culturas de melão e melancia, sendo o melão do tipo cantaloupe o mais explorado. A associação faz parte do Programa Nacional de Reforma Agrária PNCF, programa complementar à reforma agrária realizada pela Secretaria de Estado de Assuntos Fundiários e Apoio à Reforma Agrária SEARA, Governo do RN.

Os agricultores e agricultoras da Associação Geraldo Messias produzem coletivamente num 18ma área de 17,5 ha de várzea derivada do subprojeto de investimento básico (SIB) no início da exploração agrícola além dos quintais da agrovila, irrigados e com outras atividades de potencial econômico e social que contribuem principalmente para a segurança alimentar da família como a produção das culturas de sequeiro como feijão e forrageiras, além do cultivo de hortaliças, que inclui a participação ativa das mulheres nesta atividade produtiva. Existe também a atividade pecuária com criação de pequenos animais como caprinos, ovinos, aves e também de bovinos. Os investimentos identificados nas áreas foram realizados através do acesso individual ao programa nacional de fortalecimento da agricultura familiar (PRONAF), a serviço tecnológico do serviço brasileiro de apoio às micro e pequenas empresas (SEBRAE) e à assistência técnica através do extinto ministério de desenvolvimento agrário (MDA) executada pela Cooperativa Terra Livre.

A área cultivada com melão irrigado vem sendo explorada há dez anos consecutivos, e na outra área de estudo, de mata nativa, não ocorre uso agrícola. Foi constatado em campo que a área de mata nativa também denominada de área de preservação permanente da associação nunca foi submetida ao uso agrícola, revela sua diversidade de plantas e animais nativos com vegetação predominante típica do Semiárido nordestino. As espécies que mais se destacaram foram carnaubeiras (*Copernicia prunifera*), juazeiro (*Ziziphus joazeiro*), pereiro

(*Aspidosperma pyrifolium*), angico (*Anadenanthera collubrina*) mofumbo (*Combretum leprosum*), catingueira (*Caesalpinia pyramidalis*) e marmeleiro (*Croton sonderianus*) (Sena, 2011).

2.4 Vertissolo e suas limitações

Os Vertissolos, são solos minerais não hidromórficos, com a presença marcante de argilominerais do tipo 2:1, como esmectita, montmorilonita e vermiculita (SANTOS et al., 2018). No Brasil, esses solos se localizam em algumas áreas do semiárido, com destaque para os estados da Rio Grande do Norte, Paraíba e Bahia além de algumas partes do Rio Grande do Sul. No RN e na PB essa classe de solo foi ocupada com a implantação de perímetros irrigados por apresentar elevada fertilidade natural e considerável capacidade de troca catiônica (Santos et al., 2018). Contudo, em relação ao comportamento físico, esses solos representam um certo desafio para a produção agrícola. Pois, além da baixa disponibilidade de água, os Vertissolos apresentam baixa infiltração de água, drenagem reduzida, elevada pegajosidade quando úmido e forte dureza quando seco (Hidalgo et al., 2019). Para se produzir nesses solos, o conhecimento prévio dos atributos físicos do solo torna-se uma ferramenta indispensável, principalmente no que diz respeito à redução dos efeitos negativos do manejo sobre a estrutura do solo. Se realizado de forma inadequada, o manejo pode elevar o grau de compactação e comprometer o funcionamento físico do solo (Andognini et al., 2020). Portanto, conhecer os atributos físicos do solo torna-se fundamental para o manejo adequado dos Vertissolo. Contudo, tem-se verificado que o conhecimento sobre os atributos físicos de Vertissolo é um pouco limitado, principalmente sob o domínio do semiárido, onde predomina a agricultura irrigada.

2.5 Sintomas nutricionais na cultura do meloeiro

O melão é uma das cucurbitáceas que apresenta maior exigência nutricional e também se destaca por exportar grandes quantidades dos nutrientes acumulados ao longo do ciclo. Os nutrientes exportados pelos frutos devem ser restituídos pela adubação, enquanto aqueles contidos na parte aérea podem ser incorporados ao solo, prática já utilizada pelos produtores, dentro de um programa de reaproveitamento de restos culturais.

A utilização de ferramentas como análises de solo e de tecido foliar da cultura e o histórico da área (produtividade, adubações anteriores, etc. nesses anos de exploração) são essenciais na recomendação das doses de nutrientes mais adequadas à cultura, ao local e época de plantio e ao manejo utilizado pelo produtor.

Além da análise de solo, a observação visual também é uma ferramenta que pode ser utilizada na identificação de possíveis problemas nutricionais das plantas, no entanto, deve ser

utilizada em complemento às análises de solo e tecido vegetal.

Assim, abaixo seguem informações importantes para as famílias produtoras sobre o uso da observação visual na adubação da cultura do melão (EMBRAPA, 2010), contribuindo com o aumento da produção e renda para as famílias.

Nitrogênio (N)

Os sintomas mais característicos são clorose generalizada e hábito estiolado, sendo mais visíveis nas partes mais velhas da planta, pois esse nutriente se move com facilidade. O crescimento é menor e mais lento, as plantas apresentam-se pouco viçosas.

Fósforo (P)

Um dos primeiros sintomas de deficiência de desse nutriente é folhagem verde-escura ou azul-esverdeada. Frequentemente desenvolvem-se pigmentos vermelhos, purpúreos e marrons nas folhas, especialmente ao longo das nervuras. O crescimento é reduzido e sob condições de deficiência severa, as plantas tornam-se enfezadas.

Potássio (K)

As folhas apresentam-se verde-escuras ou azul-esverdeadas, como na deficiência de P. Pequenas manchas de tecido morto se desenvolvem nas folhas, podendo haver também necrose marginal ou murchamento. O crescimento é reduzido e, sob deficiência severa, gemas laterais e terminais podem morrer.

Cálcio (Ca)

Os sintomas aparecem mais cedo e mais severamente nas regiões meristemáticas e em folhas jovens, pois esse nutriente move-se pouco dentro da planta. O crescimento das raízes é severamente afetado e aquelas danificadas tornam-se predispostas à infecção por bactérias e fungos. A sua deficiência também acarreta o aparecimento da transparência da polpa e na evolução da firmeza do melão, parâmetros de qualidade fundamentais. A transparência caracteriza-se pelo aspecto límpido que algumas zonas da polpa do fruto adquirem durante sua maturação, especialmente em algumas variedades como os melões Cantaloup. Em caso de deficiência acentuada, pode aparecer a podridão apical do fruto ou “Blossom-end-rot”.

Magnésio (Mg)

Diferente do Ca, esse nutriente é rapidamente transportado das partes mais velhas para as mais jovens da planta (brotos e folhas novas), com crescimento ativo. Como resultado, os sintomas de deficiência aparecem primeiro nas folhas maduras. Clorose marginal é comum, frequentemente acompanhada pelo desenvolvimento de uma variedade de pigmentos. A clorose também pode começar em fragmentos ou manchas irregulares que mais tarde fundem-se e se espalham até as margens e pontas das folhas.

Enxofre (S)

Geralmente, os sintomas da deficiência de S são confundidos com os da deficiência de N, provavelmente por esses dois nutrientes serem constituintes de proteínas. No entanto, a deficiência de S aparece inicialmente nas folhas mais jovens, porque este elemento não se redistribui na planta, devido a sua baixa mobilidade na floema.

Boro (B)

As gemas apicais são frequentemente danificadas pela deficiência de B podendo ocasionar sua morte. Os tecidos do caule apresentam-se duros, secos e quebradiços. As folhas podem se tornar distorcidas e o caule, áspero e fendido, frequentemente com saliências corticentes e/ou manchas. O florescimento é severamente afetado. Se o fruto se forma, frequentemente apresentam sintomas similares aos encontrados nos caules. O crescimento radicular é reduzido e a ocorrência de infecções por fungos e bactérias são uma consequência secundária da deficiência desse nutriente, tanto na raiz quanto na parte aérea.

Zinco (Zn)

As folhas tornam-se cloróticas, podem tornar-se necróticas ou, ainda, apresentam-se pequenas e torcidas. O florescimento e a frutificação são muito reduzidos sob condições de severa deficiência e a planta pode ficar enfezada e disforme.

Cobre (Cu)

As folhas podem ficar cloróticas ou de coloração azul-esverdeada escura, com margens enroladas para cima. O florescimento e a frutificação são reduzidos.

Molibdênio (Mo)

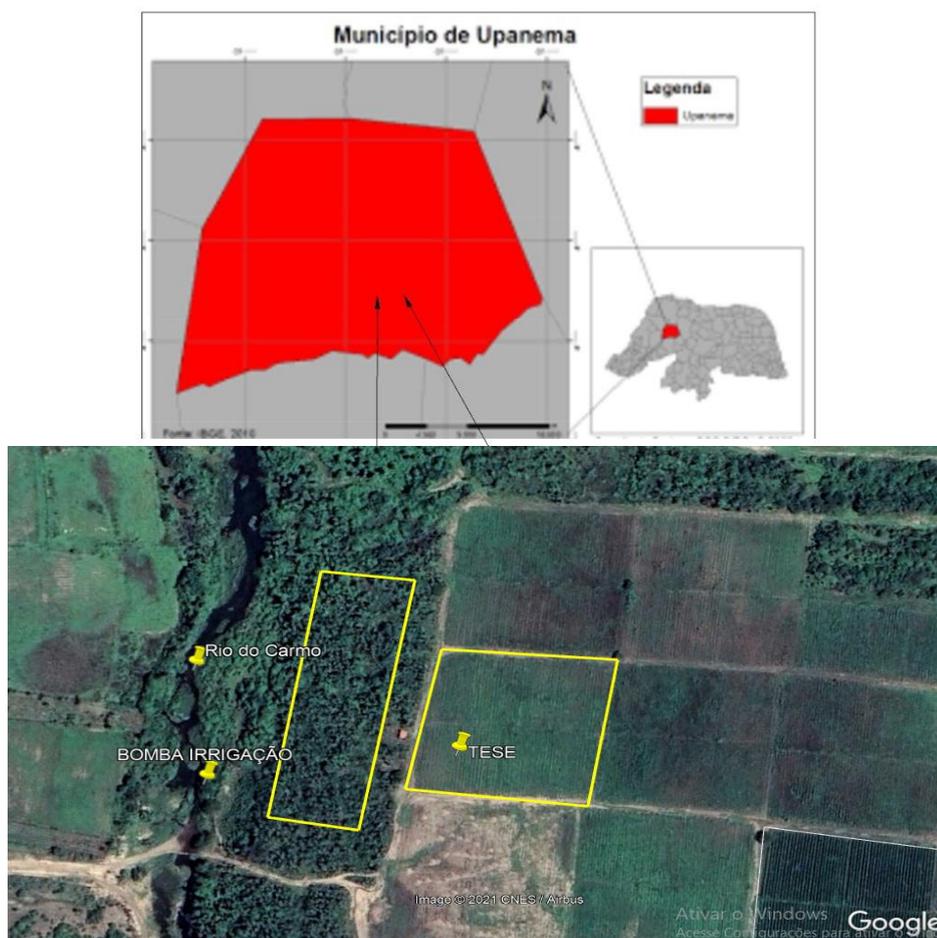
Clorose internerval, sendo que as nervuras permanecem verdes claras, dando um aspecto mosqueado. As margens das folhas tendem a torcer e enrolar e, em casos de deficiência severa, a planta inteira tem seu desenvolvimento retardado.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área experimental

A localização geográfica (Figura 1) corresponde a 5°35'18.40" de Latitude Sul e 37°17'24.29" de Longitude Oeste, com altitude média de 48 metros e declividade entre 0 e 2%. De acordo com classificação climática de Köppen o clima do município é do tipo BSw'h', caracterizado como muito quente e semiárido, com estação chuvosa delimitada nos meses de fevereiro a maio. Possui precipitações médias anuais entre 380 a 760 mm (600 mm), temperatura média anual do ar > 18 °C (28 °C) e umidade relativa do ar média anual de aproximadamente 65 % (Alvarez et al., 2013).

Figura 1. Localização da área de estudo: Sítio Lagoa no Município Upanema, Rio Grande do Norte, Brasil.



Fonte: Google Earth (2021).

Na Tabela 1 - encontram-se informações das duas áreas que compõem o presente estudo com base no levantamento exploratório das atividades desenvolvidas pelas famílias.

Tabela 1. Ambientes, histórico de uso e coordenadas geográficas referentes as áreas.

Áreas	Histórico de usos	Coordenadas geográficas
cultivada	No período seco ocorre o plantio de melão, no período chuvoso é utilizado para plantação de milho e sorgo mesmo sabendo da dificuldade no manejo do solo. A produção do melão é vendida principalmente para as capitais do Nordeste, compra governamental e em feiras livres da cidade.	5° 35' 18.31"S 37° 17' 23.98"O
mata nativa	Área de preservação permanente bem protegida, coberta pela vegetação nativa, preservando o maior patrimônio da associação. O rio, responsável pela irrigação das culturas e onde não é permitida a exploração direta.	5° 35' 19,95"S 37° 17' 27.50"O

O solo do local foi classificado como VERTISSOLO HÁPLICO Órtico típico, textura muito argilosa, A moderado, de fase caatinga hiperxerófila relevo plano constituído por material mineral, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Teixeira, 2017).

O perfil do solo representativo da área, aberto para a realização da descrição morfológica e sua classificação pedológica, permitiu a obtenção da descrição abaixo:, conforme descrição abaixo:

Ap 0-6 cm; (2,5Y 4/4, úmida); argila; estrutura moderada média grande; consistência dura, friável e muito plástica e muito pegajosa; presença de fendas com transição clara e plana.

BAv 6-28 cm; (2,5Y 4/4, úmida); muito argilosa; estrutura moderada grande e muito grande prismática composta de moderada grande a muito grande blocos angulares (com pontuações carbonáticas; firme, muito plástica e muito pegajosa; transição clara e plana.

Biv1 28-62 cm; (2,5Y 5/4, úmida); muito argilosa; estrutura moderada grande e muito grande prismática composta de moderada grande a muito grande blocos angulares; extremamente dura, muito firme, muito plástica e muito pegajosa; fendas e slinkensides transição gradual e plana.

Biv2 62-88 cm; (2,5Y 5/4, úmida); muito argilosa; estrutura moderada muito grande prismática fraca muito grande blocos angulares; extremamente dura, muito firme, muito plástica e muito pegajosa; fendas e slinkensides transição difusa e plana.

Biv3 88-100+ cm; (2,5Y 5/4, úmida); muito argilosa; estrutura moderada muito grande prismática fraca muito grande blocos angulares; extremamente dura, muito firme, muito plástica e muito pegajosa; fendas e slinkensides.

3.2. Coleta das amostras de solo e uso do penetrômetro

As duas áreas experimentais medem 1,0 ha e foram divididas em 25 parcelas de 20 x 20 m. As leituras foram realizadas em 4 camadas 0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm em cada parcela, nas duas áreas (Figura 1), e foram iniciadas logo após o início das chuvas do ano de 2018 para facilitar os trabalhos, principalmente na área não cultivada.



Figura 2: Coleta de solo na área cultivada e mata nativa.
Fonte: Acervo do autor.

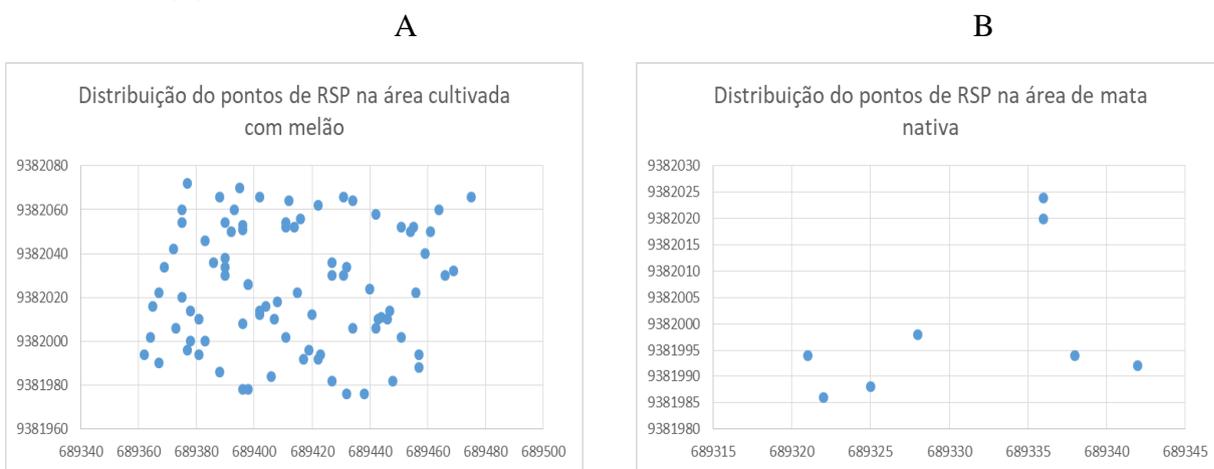
O georreferenciamento dos pontos de coleta, para possibilitar os estudos de variabilidade espacial, foi realizado por GPS de navegação (GPS Portátil Garmin eTrex 10 Amarelo), configurado no sistema de coordenadas UTM X (longitude) e Y (latitude). Com ele foram demarcado 125 pontos em malha não regular na a área sob cultivo do melão (Figura 2 - A) e uma malha não regular de 8 pontos na a área de mata nativa (Figura 2 -B) como proposto por Santos et al. (2018). A distribuição dos pontos amostrais teve como critério um ponto em cada vértice e outro no centro de cada parcela.

A resistência do solo à penetração é o principal índice que relaciona o crescimento das plantas à compactação, sendo determinada por meio de penetrômetro (Figura 2), que mede a resistência oferecida pelo solo à penetração de uma haste cônica, que estima a resistência do solo à penetração de raízes (Almeida et al., 2012). Este índice, se relacionado ao crescimento e estabelecimento das raízes das plantas, pode ser utilizado para avaliar problemas de compactação. Ele é influenciado por vários fatores, tais como: densidade e umidade do solo, textura, estrutura, distribuição dos sistemas radiculares das espécies vegetais, além do teor de

matéria orgânica (Klein & Libardi, 2002).

A classificação utilizada para caracterizar a resistência média do solo à penetração (RMSP) foi a proposta por Arshad et al., (1996), na qual as classes são definidas conforme os valores de resistências do solo: extremamente baixa – valores menores que 10 KPa; muito baixa – de 10 à 100 KPa; baixa – de 100 à 1.000 KPa; moderada – de 1.000 à 2.000 KPa; alta – de 2.000 à 4.000 KPa; muito alta – de 4.000 à 8.000 KPa e extremamente alta – valores maiores que 8.000 KPa.

Figura 2 – Distribuição dos pontos de RMSP na área cultivada com melão (A) e na área de mata nativa (B).



FONTE: Acervo do autor (2021)

Foram coletadas amostras de solo com estrutura deformada e indeformada (Figura 1) em 25 parcelas da área cultivada e em 8 pontos da área de mata nativa, sendo esses dois ambientes representativos das áreas de estudo.

Durante a fase de coleta de dados através das leituras do penetrômetro na área de mata nativa vários pontos foram ‘abortados’. A haste penetrava até um certo ponto e retornava não concluindo a leitura. Para melhor entender as causas desse abortamento e de se obter somente 8 leituras, é tão somente compreender a vegetação que se localiza na área de mata nativa presente na mata ciliar. A vegetação arbórea compreendida nesse local é composta basicamente por carnaubeiras, juazeiros, oiticicas, angicos, com raízes grandes e firmes que atuam para deixar o solo mais firme evitando processos erosivos nas margens do rio. A presença dessas raízes causaram, evidentemente, o abortamento da maioria das leituras efetuadas.

As amostras indeformadas foram coletadas nas quatro camadas com três repetições, utilizando-se anéis volumétricos (com dimensões: 5,0 cm de altura e 5,0 cm de diâmetro), totalizando 300 amostras (4 camadas x 25 parcelas x 3 repetições). As amostras deformadas foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneiras de malha de 20 mm e de 2 mm, obtendo-se as frações cascalhos (>2,00 mm a <20,00 mm) e a terra fina seca ao ar (TFSA) (<2,00 mm)

conforme, Teixeira et al. (2017).

3.3. Variáveis analisadas

3.3.1. Atributos físicos e químicos do solo

As análises físicas e químicas foram realizadas utilizando-se a amostras na forma de terra fina seca ao ar (TFSA), no Laboratório de Física e Manejo do Solo do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA.

As análises físicas realizadas foram: granulometria pelo método da pipeta utilizando dispersante químico (hexametáfosfato de sódio) e água destilada em 20 g de TSFA, com agitação mecânica lenta em agitador (Tipo Wagner 50 rpm) por 16 horas (Teixeira et al., 2017).

A areia (2,0 a 0,05 mm) foi quantificada por tamisagem, a argila (<0,002mm) por sedimentação e o silte (0,5 a 0,002 mm) por diferença entre as frações de areia e argila; densidade do solo foi determinada pelo método do anel volumétrico e a densidade de partículas pelo método do balão volumétrico utilizando-se álcool, considerando apenas o volume de solo ocupado efetivamente pelas partículas, sem levar em consideração o espaço poroso (Teixeira et al., 2017).

As análises químicas constaram de: pH em água e em KCl (1:2,5); condutividade elétrica no extrato de saturação (CEes); extração de P disponível e Na^+ e K^+ com Mehlich-1 e determinação dos teores de P disponível por colorimetria e de Na^+ e K^+ por fotometria de chama; extração dos cátions trocáveis Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} com cloreto de potássio e determinação dos teores por titulometria; H+Al extraídos com acetato de cálcio 1 mol L⁻¹ pH 7,0 e determinado por meio de titulação volumétrica com solução de NaOH 0,025 mol L⁻¹ (Teixeira et al., 2017). A matéria orgânica do solo (MOS) foi determinada pela titulação do dicromato de potássio 0,167 mol L⁻¹ remanescente com sulfato ferroso amoniacal após o processo de oxidação por via úmida conforme metodologia proposta por Yeomans e Bremner (1988). A análise de nitrogênio total de solos foi realizada através do método de Kjeldahl, através do qual a amostra é digerida com ácido sulfúrico concentrado sob aquecimento, transformando todo o nitrogênio orgânico em íons amônio.

A partir das análises realizadas foram obtidos os seguintes índices: soma de bases (SB); capacidade de troca catiônica efetiva (t); capacidade de troca catiônica a pH 7,0 (CTC); saturação por bases (V %); saturação por alumínio trocável (m %) e a percentagem de sódio trocável (PST), determinados segundo Teixeira et al. (2017).

Os níveis adotados na interpretação dos resultados dos parâmetros químicos determinados com suas respectivas unidades, foram adaptadas ao Sistema Internacional de Unidades do

estado de Minas Gerais, Luz et al., (1992) apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Níveis de fertilidade para a interpretação de análises de solos em uso nos laboratórios do Estado de Minas Gerais.

Atributos	Teor no solo				
	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito alto
	mmolc.dm ³				
Ca ²⁺ trocável	<0,40	0,41-1,2	1,21-2,40	2,41-4,00	
Mg ²⁺ trocável	<0,15	0,16-0,45	0,46-0,90	0,91-1,50	
Al ³⁺	<0,20	0,21-0,50	0,51-1,00	1,01-2,00	>2,00
Soma de bases	<0,60	0,61-1,80	1,81-3,60	3,61-6,00	>6,00
CTC a pH 7	<1,6	1,61-4,30	4,31-8,60	8,61-15,00	
	mg.dm ³				
K disponível	<15	16-40	41-70	71-120	>120
P disponível					
solos c/ argila: > 35%		0 - 5	6 - 10	> 10	
solos c/ argila: < 15%		0 - 10	10 - 20	> 20	
solos c/ argila: 15-35%		0 - 20	21 - 30	> 30	
	dag.kg ¹				
Matéria orgânica	<0,70	0,71-2,00	2,01-4,00	4,01-7,00	
pH em água	Muito Baixo	Baixo	Bom	Alto	Muito Alto
	< 4,5	4,5 - 5,4	5,5 - 6,0	6,1 - 7,0	>7,0
PST	NORMAL		SOLÓDICO		SÓDICO
	<6		6 a 14		>15

OBS.: a) mmolc dm⁻³ = cmol_c dm⁻³ x 10; K⁺ (mmol_c dm⁻³) = mg dm⁻³/ 39,1; dag kg = %;

Ft.=fortemente; Fc.=fracamente. b) Extratores: Ca, Mg, Al = KCl 1 mol/L; P, K=Mehlich-1; H+Al = solução tampão SMP ou Acetado de cálcio 0,5 mol/L.

3.3.2 Resistência do solo a penetração (RSP)

A RSP foi determinada por um penetrômetro eletrônico de cone com sistema automático de medição (Solotrack da Falker) com haste de ponteira de 12,83 mm de diâmetro que suporta uma força de até 90 kgf. Essas características estão em conformidade com as normas da ASEA S.313.3 (ASAE, 2004). As leituras foram feitas com o equipamento PenetroLOG – Medidor Eletrônico de compactação do Solo e os dados coletados e armazenados de centímetro em centímetro até atingir a profundidade de 40 cm. Para RMSP foi investigado o índice de cone (camada de 0 à 40 cm) no comparativo entre as áreas sob o cultivo do melão e área de mata nativa.



Figura 3: Penetrômetro usado na área cultivada e mata nativa.
Fonte: Acervo do autor.

3.4 Análise estatística

Os solos das duas áreas foram analisados estatisticamente por meio de técnicas de análise multivariada, em especial pela correlação de Pearson ($p \leq 0,05$) para as variáveis com o objetivo de garantir que esses atributos possuíssem correlações mínimas que pudessem justificar o seu uso na matriz de dados. A matriz de correlação possibilitou a aplicação de técnicas multivariadas como Análise de Agrupamento (AA), Análise Fatorial (AF) e Análise de Componentes Principais (ACP) Análise Fatorial e Análise de Componentes Principais – ACP, utilizando o software Statistica 7.0 (StatSoft, 2004), (Hair et al., 2009), tendo como variáveis os atributos físicos, químicos e resistência do solo a penetração.

O dendrograma vertical da matriz representou a análise de agrupamento (AA), utilizou-se como medida de similaridade a adoção de uma distância euclidiana e o método de Ward para relacionar os casos entre si. A importância de cada variável na diferenciação dos ambientes formados é avaliada pela sua menor distância em relação ao eixo de referência (Sá Paye et al., 2012).

Na análise fatorial, foram extraídos os componentes principais que apresentaram autovalores maiores que 1, e os eixos fatoriais foram rotacionados pelo método Varimax. Para considerar as cargas fatoriais significativas foi estabelecido o valor de 0,70 (Hair et al., 2009).

Para a análise dos componentes principais foram confeccionados dois diagramas (Fator 1 e 2) para os atributos físicos e químicos. Com base nesses dados foi criado um diagrama bidimensional voltado à distinção das áreas e um diagrama de projeção de vetores para a verificação dos atributos do solo sensíveis na diferenciação da área de estudo (Hair et al., 2009).

A variável da RMSD foi submetida a análise descritiva, onde o Coeficiente de Variação (CV) para as variáveis físicas do solo foi analisado, conforme a recomendação de Warrick (1998), e

classificadas da seguinte forma; baixo, se menor do que 15%; médio quando entre 15 e 50% e alto quando maior do que 50%. Após, as semivariâncias foram estimadas, utilizando-se o software Vesper 1.6 (Minasny et al., 2006), e a escolha do modelo matemático para os semivariogramas foi com base no menor valor de Critério de Informação de Akaike (AIC), Akaike, (1973), encontrado. Nos modelos de semivariogramas foram ajustados o Efeito Pepita (C0), o Patamar (C0+C) e o Alcance (A). Em posse dos dados, foi realizado a análise conforme os intervalos propostos por Cambardella et al. (1994), onde o grau de dependência espacial dos semivariogramas é classificado da seguinte forma; forte (< 25 %); moderado (26 a 75 %) ou fraca (> 75 %). Com os dados processados o resultado foi exportado para o Quantum Gis 2.18 para a geração dos mapas temáticos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Atributos químicos do solo

Ao se avaliar o teor de nitrogênio nas duas áreas verifica que esse atributo do solo possui uma tendência a diminuir com a profundidade (Tabela 3). É provável que doses de adubos nitrogenados solúveis presentes nas camadas de 0 a 20 cm aplicados via fertirrigação para suprir a demanda da cultura por N e também parte desse nutriente venha da mineralização da matéria orgânica do solo (MOS). No que se refere a área de mata, Barreto (2014) demonstrou ser provenientes de todo material depositado de resíduos vegetais e serrapilheira da própria vegetação.

Percebe-se que houve aumento do pH 0-10 cm da área cultivada em relação à área nativa (Tabela 2). É provável que cloretos e carbonatos da água e pela adição de nutrientes dos adubos sejam responsáveis. Altos valores de pH e alta concentração de cálcio são características marcantes desses solos, concordando com Moreira et al., 2000. Avaliando alguns atributos químicos do solo sob diferentes usos em perímetro irrigado no semiárido de Pernambuco, Corrêa et al. (2009) observaram que quando cultivado os solos obtiveram maiores valores de pH, maior condutividade elétrica, maior soma de bases e saturação por bases, quando comparados ao uso do solo com vegetação natural (caatinga). O Vertissolo possui pH geralmente neutro a alcalino e incomumente ácido, devido à natureza calcária do material de origem, ou à alta proporção de cátions básicos (Moustakas, 2012). No entanto, de acordo com os dados obtidos, percebe-se que os teores encontrados em todas as camadas estão dentro da faixa (pH de 6 a 7) de maior disponibilidade de nutrientes (Malavolta, 1979).

Ocorreu aumento da CEEs da área cultivada em relação à área de mata nativa nas profundidades de 10 até 40 cm indicando lixiviação de sais. Maiores CEEs foram observadas

na camada de 30-40 cm (Tabela 2). É provável que cloretos e carbonatos da água sejam responsáveis, pois dependendo da quantidade e qualidade dos sais contidos na água de irrigação pode haver elevação do pH, da CEes e também da PST.

Tabela 3. Atributos químicos dos solos nas duas áreas estudadas do Sítio Lagoa, Upanema/RN.

Profund. (cm)	Áreas	N	pH	CEes	MOS	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	CTC	PST
		mg.dm ³	Água (1:2,5)	dS.m	%	-----mg.dm ³ -----	-----cmol.dm ³ -----	-----	-----	-----	-----	%
0-10 cm	nativa	1,24	6,26	0,44	13,21	14,84	329,25	637,88	17,43	11,48	32,53	8,54
	cultivada	1,04	6,49	0,36	15,17	18,84	332,83	384,33	13,73	10,28	26,65	6,09
	diferença	-0,20	0,23	-0,08	1,96	4,00	3,58	-253,55	-3,70	-1,20	-5,88	-2,45
10-20 cm	nativa	1,21	6,50	0,27	12,11	6,13	320,30	487,54	16,36	10,82	30,12	6,65
	cultivada	0,96	6,44	0,40	12,47	16,93	248,09	464,49	14,10	10,68	27,55	7,15
	diferença	-0,25	-0,06	0,13	0,36	10,80	-72,21	-23,05	-2,26	-0,14	-2,57	0,50
20-30 cm	nativa	1,03	6,48	0,32	22,11	9,63	281,54	714,44	18,09	11,22	33,14	9,37
	cultivada	0,91	6,48	0,47	10,88	16,20	187,88	678,18	15,34	10,86	30,11	10,26
	diferença	-0,12	0,00	0,15	-11,23	6,57	-93,66	-36,26	-2,75	-0,36	-3,03	0,89
30-40 cm	nativa	0,86	6,62	0,41	28,95	7,31	212,92	952,34	18,59	11,65	34,93	11,77
	cultivada	0,79	6,64	0,59	10,89	15,93	133,29	960,98	16,20	10,88	31,78	12,94
	diferença	-0,07	0,02	0,18	-18,06	8,62	-79,63	8,64	-2,39	-0,77	-3,15	1,17
CV _{média}	nativa	14,06	1,41	31,85	42,68	46,54	35,12	25,92	9,86	14,98	12,11	18,91
	cultivada	41,26	2,92	29,17	35,85	40,54	27,37	47,17	17,70	21,74	14,89	41,46
	diferença	27,20	1,51	-2,68	-6,83	-6,01	-7,75	21,25	7,84	6,76	2,77	22,54

Nota: MOS é matéria orgânica do solo; CE é condutividade elétrica do solo; CTC é capacidade de troca de cátions; PST é percentagem de sódio trocável. CV_{média} é a média dos coeficientes de variação das quatro profundidades.

Apesar dos valores de CEes crescerem em profundidade são considerados baixos indicando a não ocorrência de problemas de salinidade nesses solos, pois segundo Santos et al. (2018) indicativo de solo salino é a CEes acima de 4 dS/m e menor que 7 dS/m (a 25 °C), em alguma época do ano. Segundo Medeiros et al., (2017), os baixos valores de CEes pode ser justificado pela própria textura do solo que permite a lixiviação dos sais para camadas mais profundas, o que justifica os resultados obtidos na presente pesquisa.

Ao se analisar os resultados inerente à MOS observou-se aumento na profundidade de 0-20 cm na área cultivada, o que pode ser explicado pelo incrementos de restos de cultura ao longo do tempo de cultivo que se concentram nas camadas superficiais. Nas outras camadas a área nativa tem mais MOS, decrescendo com a profundidade, como comumente se observa nos solos tropicais. Lopes et al (2012) estudando o cultivo do melão durante dez anos em um Cambissolo, também observaram nas profundidades 0,20 a 0,30 m e 0,30 a 0,40 m, acréscimo significativo de MOS, quando comparada com a área de caatinga, evidenciando-se acúmulo de MOS nessas profundidades. No geral, as condições físicas e climáticas da região semiárida, acrescentam os autores, não favorece a acumulação de resíduos orgânicos capazes de favorecer a manutenção da MOS.

No que se refere ao fósforo (P), constatou-se que seu teor foi superior na área cultivada em relação à área nativa em todas as camadas e se distribuiu de maneira relativamente uniforme

com a profundidade (Tabela 3). Essa superioridade pode estar associada à contínua fertilização do solo com diversas formulações solúveis necessárias ao aumento da produtividade, no entanto, seu efeito residual no solo tende a aumentar devido a sua fixação aos grupos funcionais dos colóides inorgânicos (Abreu et al., 2011). Práticas de incorporação de restos culturais, adotadas na área cultivada, podem estar contribuindo para os teores de P, como observados por Leite et al (2016), sendo que esse manejo aumenta a quantidade de matéria orgânica no solo, promovendo o incremento de P em formas mais disponíveis para as culturas pela ação dos ácidos orgânicos provenientes da decomposição da matéria orgânica. De acordo com a interpretação dos níveis de fertilidade do estado de Minas Gerais, os teores de P encontrados em todas as profundidades foram classificados como altos.

Quanto ao teor de K^+ , ele foi menor na área cultivada em todas as profundidades (Tabela 3). Em condições de alta disponibilidade de K^+ , as plantas podem absorver o elemento em quantidades superiores às necessárias. O cloreto de potássio (K^+Cl^-) é a principal fonte de K^+ utilizado nas adubações na área estudada, de forma parcelada pelo fato de ser um elemento de alta mobilidade, diminuindo as chances de perda por lixiviação, como verificado por Batista et al. (2018). Isso foi confirmado pelas maiores concentrações entre 0 a 20 cm, que constitui a zona de absorção das raízes. Os teores de K encontrados em todas as camadas foram classificados como muito altos.

Com relação aos resultados obtidos para Ca^{2+} e Mg^{2+} , verificou-se diminuição de seus teores em todas as camadas da área cultivada (Tabela 2) o que pode estar relacionado com a remoção pelas plantas e devido à irrigação intensa, que proporciona maior lixiviação desses nutrientes. Observou-se ainda, distribuição uniforme destes elementos com a profundidade na área cultivada. Essa mesma tendência dos valores de Ca^{2+} e Mg^{2+} foi observado por Leite et al., (2012) em perímetro irrigado do sertão paraibano, onde foram observados maiores valores de Ca^{2+} e Mg^{2+} com o aumento da profundidade. Os valores de Ca^{2+} e Mg^{2+} encontrados na área de estudo foram classificados como muito altos. O excesso desses dois nutrientes pode inibir a absorção de outros nutrientes como por exemplo o potássio. Essa relação é muito discutida na nutrição de plantas, no entanto, muito relativa para os tipos de solos e culturas. Acredita-se que o valor ideal para essa relação, Ca^{2+}/Mg^{2+} , varia de 3 a 5:1 Prado (2008). Os dados encontrados mostram uma relação inferior alcançando um terço da proposta por esse autor, ou seja, 1,5:1.

Os valores da CTC encontrados nas duas áreas foram elevados. Os teores se adequam a faixa de 20 a 45 $cmol\ kg^{-1}$ geralmente determinada para CTC em Vertissolos apresentada por Coulombe et al., (1996). Quanto maior a CTC do solo melhor será a sua fertilidade e isso foi comprovada nas análises com o aumento da quantidade dos cátions Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ e K^+ e a

MOS que apresentaram altas quantidades em todas as profundidade, de acordo com os critérios de avaliação utilizados.

A percentagem de sódio trocável (PST) variou de 6,09 a 12,44% na área cultivada e de 8,54 a 11,77 % na mata nativa com um ligeiro decréscimo na camada de 10-20 cm, mas aumentando em profundidade. Esse solo foi classificado como solódico (6 a 14) e esse aumento de Na pode ter origem tanto devido ao processo natural pois é uma área propensa a salinização quanto ao uso inadequado da irrigação e de fertilizantes. Dentre as camadas, a de 30 a 40 cm foi a que apresentou maior PST, o que pode indicar segundo Dias & Blanco (2010), maior propensão à dispersão das argilas, formando camadas impermeáveis, dificultando o movimento de ar e de água no solo, tal fato pode está acontecendo nas áreas estudadas pelo alto teor de Na^+ e baixa relação $\text{Ca}^{2+}:\text{Na}^+$.

4.2 Resistência do solo a penetração

Ao se analisar a matriz de correlação entre as variáveis químicas e físicas (Tabela 4), verificou-se que N possui fraca correlação com o P, mostrando a tendência de aumento de um e a redução do outro. Geralmente os solos da região da pesquisa são pobres em N e P e essa relação pode estar relacionados as diferentes forma de aplicações e de dosagens desses nutrientes. A fração areia e de silte apresentaram correlação alta e negativa com a fração argila, indicando a tendência de aumento inverso entre as frações. Já a fração silte ocorreu correlação alta e positiva com a variável K^+ .

Nos elementos Ca^{2+} e Mg^{2+} observou-se como os elementos com os maiores contribuintes à capacidade de troca de cátions tendo uma alta ineração desses com a CTC do solo. Ao confrontar a contribuição do percentual dos microporos com a porosidade de aeração percebe-se elevada interação positiva dessas variáveis o que o torna de baixa permeabilidade e drenagem reduzida (Canellas et al., 2003).

Essas informações ocorridas no solo talvez em função do cultivo ao longo de todos esses anos demonstram que o entendimento nas modificações nas propriedades químicas e físicas, pode fornecer elementos para produção de bases sustentáveis, conforme mostram diversos autores (Rangel & Silva, 2007; Carneiro et al., 2009; Pereira et al., 2010) que a compactação do solo é inevitável com a agricultura moderna.

Tabela 4. Matriz de correlação entre as variáveis físicas e químicas das camadas de solos do Sítio Lagoa, Upanema/RN.

	N	pH	CE	Mat. Org.	P	K	Na	Ca	Mg	CTC	PST	ds	Dp	PT(%)	Micro(%)	Macro (%)	PA (%)	Argila (%)	silte (%)	A F (%)	AG (%)	
N	1,00																					
pH	0,01	1,00																				
CE	-0,13	0,13	1,00																			
Mat. Org.	-0,06	-0,06	-0,20	1,00																		
P	-0,37	0,00	0,27	-0,28	1,00																	
K	0,28	-0,16	-0,42	0,07	-0,11	1,00																
Na	-0,14	0,42	0,47	0,02	-0,14	-0,25	1,00															
Ca	-0,12	-0,02	-0,12	0,30	-0,42	0,02	0,21	1,00														
Mg	0,02	0,07	0,15	0,09	-0,19	-0,14	0,12	0,33	1,00													
CTC	-0,09	0,16	0,13	0,23	-0,40	-0,08	0,51	0,83	0,70	1,00												
PST	-0,10	0,40	0,47	-0,05	-0,03	-0,27	0,95	-0,01	-0,08	0,27	1,00											
ds	-0,16	0,04	0,19	-0,10	-0,09	-0,43	0,19	0,08	0,09	0,14	0,19	1,00										
Dp	-0,21	0,32	0,36	0,14	0,12	-0,34	0,34	0,05	0,04	0,15	0,32	-0,34	1,00									
PT(%)	-0,16	0,27	0,37	-0,03	-0,10	-0,40	0,43	0,22	0,07	0,29	0,38	0,26	0,44	1,00								
Micro(%)	0,04	0,10	0,00	-0,12	-0,04	0,14	0,07	0,05	-0,03	0,05	0,04	-0,40	0,29	0,55	1,00							
Macro (%)	-0,01	-0,14	-0,03	0,23	-0,13	-0,14	-0,02	0,11	0,05	0,08	-0,03	0,60	-0,46	-0,18	-0,65	1,00						
PA (%)	0,09	0,10	-0,03	-0,10	-0,07	0,17	0,03	0,04	-0,07	0,01	0,01	-0,45	0,24	0,49	0,90	-0,53	1,00					
Argila (%)	-0,19	0,20	0,09	0,03	-0,01	-0,26	0,12	-0,06	0,00	-0,01	0,13	0,11	0,33	-0,24	-0,46	0,04	-0,43	1,00				
silte (%)	0,23	-0,28	-0,29	-0,14	0,11	0,47	-0,41	-0,23	-0,16	-0,33	-0,36	-0,31	-0,43	-0,23	0,35	-0,20	0,38	-0,61	1,00			
A F (%)	0,04	-0,01	0,14	-0,01	-0,05	-0,05	0,18	0,22	0,12	0,25	0,13	0,08	0,00	0,51	0,37	-0,07	0,26	-0,70	-0,05	1,00		
AG (%)	-0,01	0,07	0,10	0,29	-0,12	-0,17	0,22	0,29	0,14	0,30	0,15	0,20	0,04	0,19	-0,19	0,47	-0,14	-0,17	-0,46	0,30	1,00	

N: Nitrogênio; pH (H₂O): potencial hidrogeniônico; CE: condutividade elétrica do extrato de saturação do solo; Mat. Org. (Matéria Orgânica do solo); P: fósforo; K⁺: potássio; Na⁺: sódio; Ca²⁺: cálcio; Mg²⁺: magnésio; CTC: capacidade de troca catiônica; PST: Porcentagem de Sódio Trocável; dS: Densidade do Solo; PT: Porosidade Total; Micro: Microporos; Macro: Macroporos; PA: Porosidade de Aeração; Argila; Silte; AF: Areia Fina e AG: Areia Grossa.

No geral, o que se tem visto nas áreas onde se utiliza o preparo de solo com implementos agrícolas tipo grade e arado é o aparecimento de camadas mais compactadas, pé-de-grade ou camada de aradura, resultados da constante movimentação do solo, tráfego de maquinário e tratamentos culturais. Observando os dados da pesquisa, pode-se inferir que, na realidade houve uma descompactação do solo na zona de absorção das raízes na área cultivada, onde se determinou 129 kpa na profundidade de 0 a 10 cm e 1292 kpa em 30 a 40 cm, de acordo com os dados da Tabela 8. No entanto, pode-se afirmar que quanto mais elevada for a densidade, mais compacto será o solo, menor será o grau de estruturação, menor porosidade e, conseqüentemente, maiores restrições para o crescimento das plantas (Amaro, 2008), e isso mostrou-se nas camadas mais profundas se caracterizando situação natural desse tipo de solo.

Ao se avaliar com um nível de homogeneidade de 40 % de dissimilaridade (Figura 3) é possível perceber a formação de quatro grupos distintos. Isso posto, relata as interrelações entre as variáveis, que podem ser naturais ou não, benéficas ou prejudiciais. O primeiro grupo foi formado pelos parâmetros físicos: argila, silte e areias, as densidades do solo e de partículas, os nutrientes K⁺, Na⁺ e N, além da CEes. Esse agrupamento ocorreu em função da grande semelhança dos atributos na classificação textural do solo. O segundo grupo formado pelo pH, PST, macroporos e matéria orgânica, Ca²⁺, Mg²⁺ e P. O pH e a PST permitiram a formação desse agrupamento. O terceiro grupo formado pela CTC e PA (%). A CTC é um fator determinante no solo estudado por apresentar alta saturação de bases por isso é eutrófico e com

teores elevados de Ca e Mg e de reação, ou seja, de Ph tendendo a neutralidade. E o último grupo relacionado a PT e o percentual de microporos determinantes na classificação do solo da pesquisa. Estas características podem ser atribuídas ao processo de sedimentação que ocorre nos ambientes de várzea. A porosidade do solo interfere na aeração, condução e retenção de água, resistência à penetração e à ramificação das raízes no solo e, conseqüentemente, no aproveitamento de água e nutrientes disponíveis. O solo ideal deve apresentar um volume e dimensão dos poros adequados para a entrada, movimento e retenção de água e ar para atender às necessidades das culturas.

Em função do manejo ao qual é submetido, esse tipo de solo tanto é passível de degradação causada por práticas de mal uso de implementos agrícolas, quanto de melhoramento em seu potencial produtivo através de adubação verde elevando o percentual de matéria orgânica.

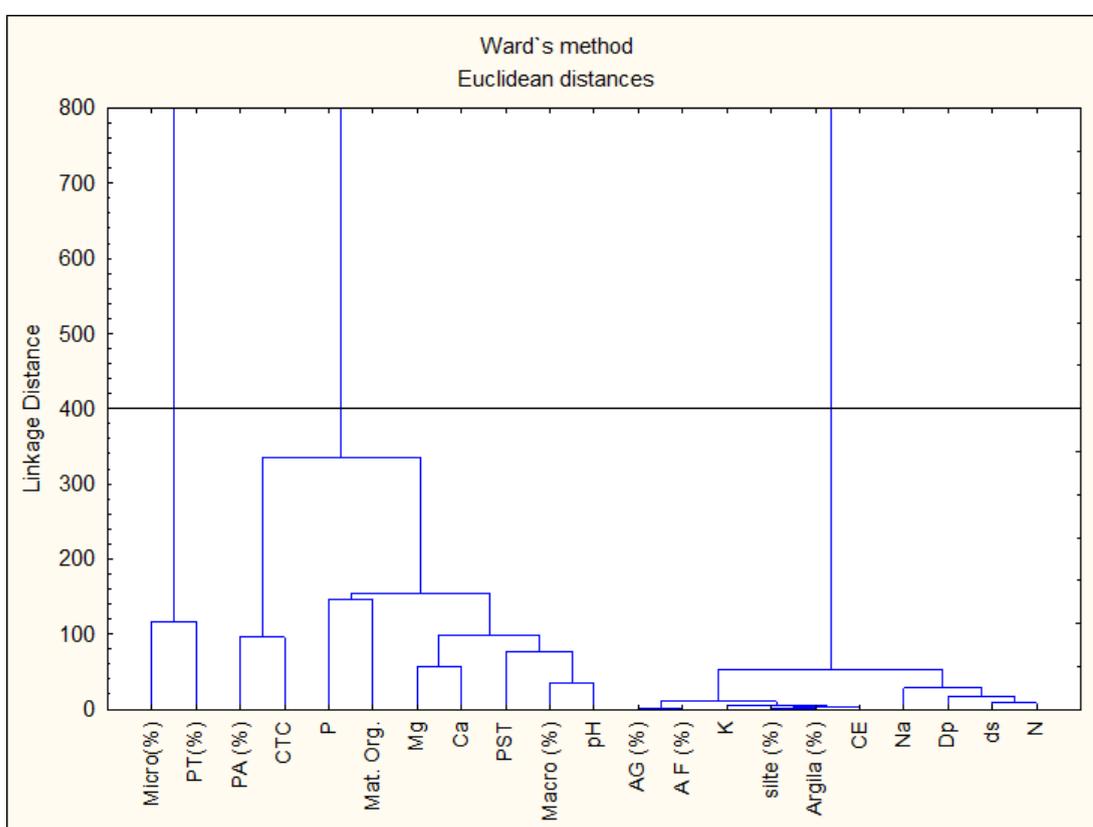


Figura 4. Dendrograma vertical da matriz de distâncias do Vertissolo pelo método de agrupamento ward.

Nota-se que há escassez de literatura que possibilitem a comparação com os resultados aqui obtidos, no sentido de dar maior entendimento das relações no que se refere à variação espacial dos atributos químicos e físicos do solo estudado.

Na análise fatorial, os três componentes, explicam 52,06 % da variância total dos dados (Tabela 5). Os fatores extraídos por componentes principais, destacando-se as variáveis

químicas do solo com cargas superiores a 0,70 (módulo), nas quatro profundidades da áreas cultivada.

Tabela 5. Matriz de cargas fatoriais após rotação ortogonal pelo Método Varimax para as variáveis físicas e químicas do perfil de solo do Sítio Lagoa, Upanema/RN.

Análise fatorial fertilidade			
Fertilidade do solo	Cargas Fatoriais		
	Fator 1	Fator 2	Fator 3
N	-0,35	0,14	0,08
pH	0,52	0,09	0,00
CE	0,67	-0,01	-0,06
Mat. Org.	-0,11	-0,13	0,41
P	0,16	-0,03	-0,59
K	-0,62	0,25	-0,03
Na	0,76	0,06	0,31
Ca	0,01	0,06	0,78
Mg	0,08	-0,03	0,53
CTC	0,27	0,05	0,83
PST	0,76	0,03	0,11
Ds	0,22	-0,53	0,29
Dp	0,68	0,27	-0,12
PT(%)	0,59	0,49	0,31
Micro(%)	0,08	0,94	-0,01
Macro (%)	-0,16	-0,70	0,38
PA (%)	0,02	0,90	-0,02
Argila (%)	0,38	-0,59	-0,28
silte (%)	-0,64	0,45	-0,27
A F (%)	0,09	0,46	0,47
AG (%)	0,16	-0,21	0,57
Autovalores	4,42	3,70	2,81
Variância Total %	21,06	17,61	13,39
Variância acumulada %	21,06	38,67	52,06

O fator 1 explicou 21,06 % da variação total e está relacionado a disponibilidade de Na⁺ e PST variando juntos e sendo os que contribuíram com as maiores cargas vetoriais ou apresentaram maior influência da distinção da fertilidade do solo. As altas concentrações do Na⁺ no solo podem estar relacionadas ao uso intenso de fertilizantes e com as elevadas taxas de evapotranspiração bem como as baixas precipitações pluviométricas, configurando-se um processo natural de acúmulo de sal que ocorre em função de características tais quais, manejo inadequado do uso da irrigação e deficiência de drenagem. Este fato é comprovado pela alta carga fatorial evidenciada pela análise estatística.

Nesse sentido, pode-se dizer que há a necessidade de maior atenção em relação ao aumento

da concentração de Na^+ na área cultivada, que por si só, o processo de exploração agrícola onde faz-se uso da irrigação pode causar problema de sodicidade, pela exportação e lixiviação de nutrientes do solo (bases trocáveis) pela intensificação do ciclo da matéria orgânica do solo e pelo próprio manejo da fertilidade do solo, com a aplicação de fertilizantes com efeito acidificante que pode gerar alteração nos parâmetros físico-hídricos no solo, conforme mensão feita por Cunha (2018) em que o aumento do teor de sódio tende a provocar a sua desestruturação, aumento da densidade e redução das taxas de infiltração de água no solo. No entanto, ressalta-se a necessidade da avaliação conjunta e permanente dos efeitos da relação $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ com os níveis de Na^+ (variável RAS). Isso porque o efeito do excesso de Na^+ é potencializado quando a relação $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ é menor que a unidade, porque o excesso de Mg^{2+} trocável no solo pode induzir à deficiência de Ca^{2+} (Ayeres & Westcot, 1999) o que não foi evidenciado na pesquisa.

O fator 2 explica 17,61 % da variância total dos dados, é composto pelo percentual de microporos e de aeração também conhecida como porosidade estrutural, predominante em solos argilosos e que representam boa agregação e está relacionado com a estrutura do solo, sendo características do Vertissolo. Nesses solos as limitações mais sérias estão relacionadas aos aspectos físicos, pois são pouco permeáveis e encharcados nos períodos chuvosos e a sua drenagem é restrita em razão da permeabilidade lenta.

O fator 3 explica 13,39 % da variação total e está relacionado ao teor de Ca^{2+} e a importância desse na constituição da CTC. Um ponto a ser considerado é o fato de que em solos pouco intemperizados observam-se que a CTC é elevada, como evidenciado pela alta carga fatorial encontrada nesse estudo, as altas concentrações de bases trocáveis podem ter contribuído para a alta fertilidade, tais resultados estão de acordo com estudos realizados por Lima et al. (2013).

A área de estudo permitiu uma análise mais detalhada dos atributos químicos com a produção e os índices de qualidades na profundidade de 20 cm (Tabela 6), área de maior absorção de nutrientes pelas raízes. Na literatura, a maioria dos trabalhos de geoestatística é realizada em pequenas áreas, sobre um único tipo de solo. Pode ser verificado que nesses estudos, os atributos físicos variam pouco e os atributos químicos apresentam uma maior variabilidade nas camadas superficiais devido ao efeito de correção e adubação (Campos et al., 2013).

Aporte dos dados da Tabela 6, verifica-se a grande contribuição do atributo sódio na qualidade dos frutos. Em razão dos resultados obtidos, percebe-se a pequena correlação 0,22 e 0,14 respectivamente, do potássio com a produtividade e qualidade do fruto. Provavelmente, o Na^+ pode estar substituindo o potássio na qualidade dos frutos, isso também foi demonstrado pela grande correlação da PST. Os produtores entendem que elevadas doses de potássio tendem

a induzir resultados positivos, principalmente no peso e no tamanho dos frutos, aumentando, normalmente a produtividade. Pelo histórico de adubação realizada na área grandes aplicações de potássio são utilizadas juntamente com elevados volumes de água durante a fase vegetativa e, principalmente, na reprodutiva. No entanto, deve estar havendo alterações iônicas na solução do solo, pois conforme alguns trabalhos, nem sempre as maiores doses de potássio implicam necessariamente em incrementos de produtividade e melhores qualidades dos frutos, além de ocorrerem maiores custos (Silva, 2002).

Nesse sentido, monitorar a adição de fertilizante ao solo é um ponto importante com vistas a redução de custos e dos impactos ambientais causados pela lixiviação de nutrientes e salinização de solos. Assim, diversas técnicas de monitoramento podem ser utilizadas, como a amostragem de solo e posterior avaliação dos sais em solução. Callegari et al. (2012), avaliando a produtividade de frutos e teores de nutrientes no solo durante um cultivo de meloeiro, concluíram que variações dos teores de nutrientes, em relação ao estágio de desenvolvimento das plantas, indicou aplicação em excesso. Vale (2017) aponta que o monitoramento da adição de fertilizantes contribui para racionalização do uso de insumos agrícola, o que representa menor custo de produção, reduzindo gastos, além de garantir alto valor ambiental, devido à melhor utilização e conservação dos recursos naturais existentes. Assim, o uso de extratores de solução do solo vem sendo estudado em diversos trabalhos e têm se mostrado como importante ferramenta no auxílio a tomada de decisão do manejo das culturas.

Tabela 6. Matriz de correlação entre as variáveis químicas com a produção e qualidade do fruto do Sítio Lagoa, Upanema/RN.

	N	pH	Mat. Org.	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	CTC	PST	Prod.	Qual.
N	1,00											
pH	0,07	1,00										
Mat. Org.	-0,07	-0,22	1,00									
P	-0,57	-0,16	-0,20	1,00								
K	0,34	0,15	0,17	-0,08	1,00							
Na	-0,02	0,04	0,18	-0,42	-0,10	1,00						
Ca	-0,14	0,03	0,27	-0,21	0,04	0,22	1,00					
Mg	0,00	0,09	0,04	-0,14	-0,28	0,25	0,48	1,00				
CTC	-0,07	0,08	0,22	-0,28	-0,11	0,44	0,86	0,83	1,00			
PST	0,04	-0,03	0,13	-0,26	0,01	0,85	-0,21	-0,17	-0,04	1,00		
Prod.	0,24	0,04	0,04	-0,42	0,22	0,38	0,39	0,41	0,51	0,17	1,00	
Qual.	0,14	-0,01	-0,13	-0,19	0,14	0,72	-0,01	0,16	0,22	0,72	0,45	1,00

Na análise fatorial, os quatro componentes, explicam 74,34 % da variância total dos dados (Tabela 7). Os fatores extraídos por componentes principais, destacando-se as variáveis químicas do solo com cargas superiores a 0,70 (módulo), nas quatro profundidades da áreas cultivada. Percebe-se as maiores contribuição dos fatores 1 através dos cátions Ca^{2+} e Mg^{2+} e a CTC que se teve, assim também, o fator 2 apresentando uma alta correlação do Na^+ e a PST na qualidade dos frutos de melão.

Tabela 7. Matriz de cargas fatoriais após rotação ortogonal pelo Método Varimax para as variáveis químicas, produção e qualidade, Sítio Lagoa, Upanema/RN.

Fert 0,10-0,20 X Prod x Qual. Fruto	Cargas Fatoriais			
	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4
N	-0,07	0,03	0,81	0,23
pH	0,12	-0,04	0,21	0,58
Mat. Org.	0,19	0,01	0,19	-0,87
P	-0,29	-0,30	-0,66	0,01
K^+	-0,15	-0,07	0,70	-0,14
Na^+	0,30	0,91	0,01	-0,11
Ca^{2+}	0,85	-0,10	0,04	-0,23
Mg^{2+}	0,84	0,05	-0,14	0,20
CTC	0,98	0,14	-0,02	-0,06
PST	-0,20	0,95	0,04	-0,14
Prod.	0,56	0,34	0,41	0,11
Qual.	0,09	0,86	0,11	0,16
Autovalores	3,56	2,36	1,71	1,30
% variancia	29,63	19,68	14,21	10,82
Variância acumulada %	29,63	49,31	63,52	74,34

Os diagramas de projeção dos vetores relacionados aos atributos químicos, produção e de qualidade das camadas de solos estudados foram gerados por meio da Análise de Componentes Principais (ACP). Os fatores 1, 2, 3 e 4 são os responsáveis pela maior influência na classificação das variáveis que se destacaram na distinção dos atributos do solo (Figura 5). É possível observar que as variáveis químicas cálcio, magnésio e a capacidade de troca de cátions, foram as responsáveis pela diferenciação dessa camada encontradas, em função das cargas fatoriais e localizam-se mais próximas do círculo de correlação (3A). Fazendo a correlação entre os fatores 1 e 2, observa-se a alta correlação do Na^+ e PST, isso indica a possibilidade desses parâmetros tenham influenciados na qualidade dos frutos.

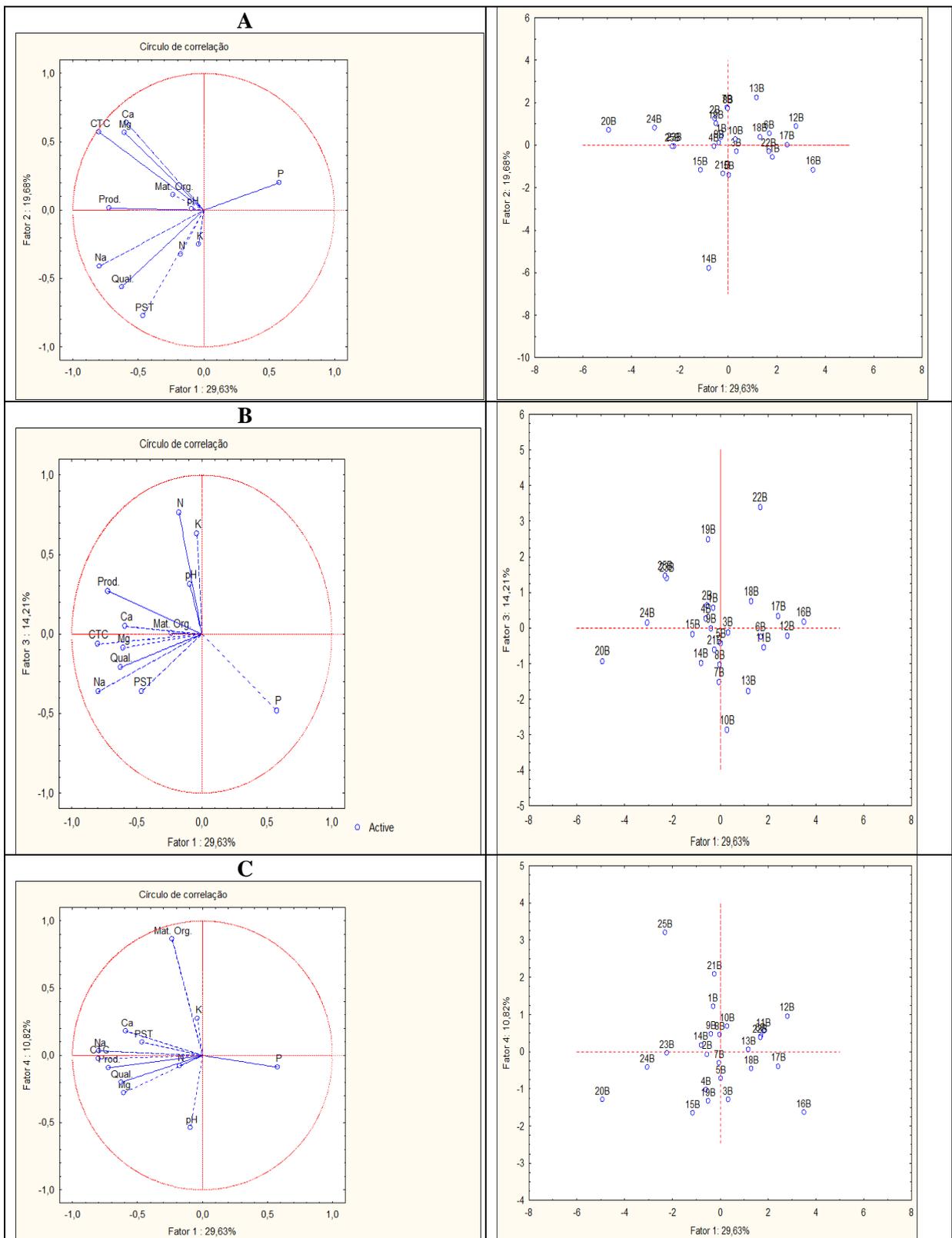


Figura 5. Distribuição das variáveis, no círculo de correlações do plano fatorial F1 x F2, F1 x F3, F1 x F4: (A) (B), (C), dos atributos químicos, produção e qualidade dos frutos com cargas fatoriais superiores a 0,70 (módulo) e distribuição da nuvem de pontos.

Na Figura 3B pode ser observado que os pontos amostrais estão dispostos como nuvem no

centro no plano fatorial, em função da baixa variância e conseqüentemente menor poder de explicação, nesse sentido, tornando-se incapaz de discriminar os parâmetros estudados.

Na correlação entre os fatores 1 x 4 (C) percebe-se a importante influência da matéria orgânica do solo na produção e qualidade dos frutos. Atribui-se, provavelmente, que as altas concentrações desse atributo, tenha contribuído na liberação de maiores teores de nitrogênio na solução do solo podendo ter prejudicado a produtividade e na qualidade dos frutos. As fontes de nitrogênio aplicadas ao longo do ciclo de cultivo do melão são os adubos comerciais ureia, monofosfato de amônia, nitrato de cálcio e ácido nítrico. O uso demasiado de fertilizantes, bem como o manejo desordenado da irrigação, têm contribuído para a salinização de áreas produtoras de melão. Assim, o conhecimento das condições químicas e físicas do solo, da água e da cultura a ser manejada, implicará em uso racional dos fertilizantes, do solo e da água, favorecendo a conservação do solo e dando retorno econômico aos produtores.

4.3 Representação espacial das RSP (geoestatística)

O preparo convencional do solo (aração e gradagem) promove redução da densidade do solo e da RSP a curto prazo, aumentando a rugosidade da superfície e a porosidade de aeração. A longo prazo esses efeitos são minimizados em função da degradação estrutural, culminando na presença de camadas compactadas que limitam o estabelecimento e desenvolvimento das plantas, o que reduz a quantidade de macroporos, menor infiltração de água e maior resistência do solo a penetração das raízes das plantas (Vezzani & Mielniczuk, 2011).

Os valores de resistência do solo a penetração (RMSP) na área cultivada não representaram limitações para o desenvolvimento das raízes, tendo em vista que o mesmo não ultrapassa o valor crítico de 2.000 KPa (2,0 MPa), sendo este o mais indicado na literatura como impeditivo ao desenvolvimento do sistema radicular da maioria das culturas (Tormena et al., 1999). De acordo Costa et al. (2012) que trabalharam no estabelecimento de pastagens apontam valores da resistência do solo a penetração inferiores a 1.000 KPa (1,0 MPa) como a classe de maior produção de raízes para *Panicum maximum*.

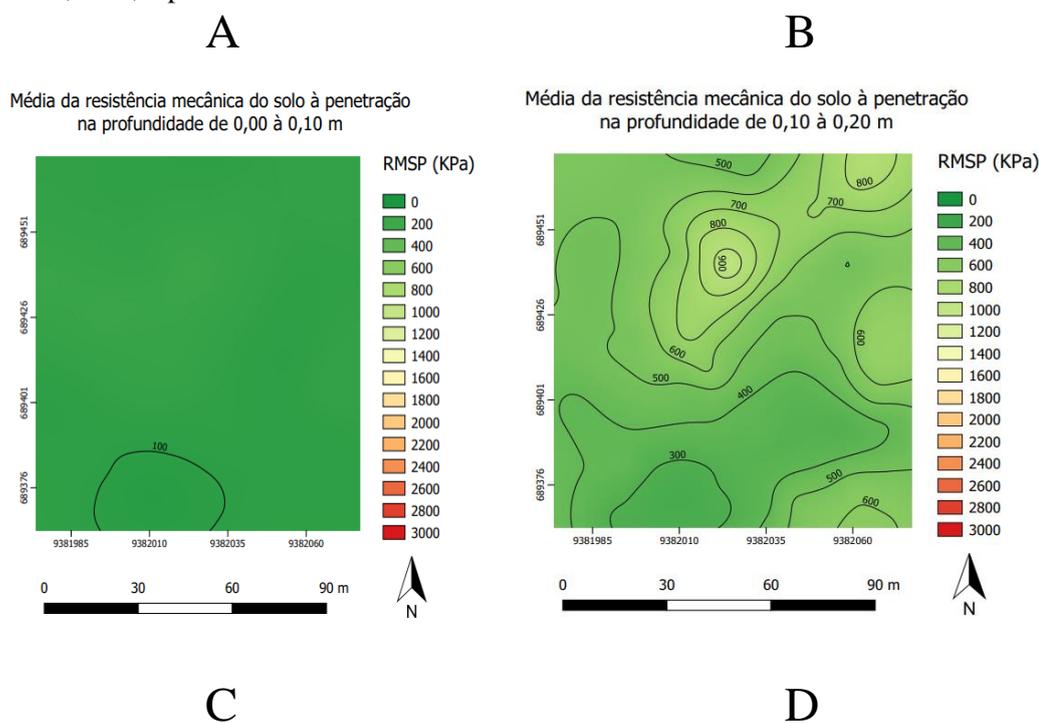
Para melhor visualização, adequaram-se os valores de RMSP estabelecidos por Arshad et al, (1996) a uma escala de cores (Figura 4), na qual as regiões verdes são favoráveis ao desenvolvimento radicular, a região amarela possui restrição e as regiões com cores laranja e vermelha apresentam limitação ao desenvolvimento das raízes.

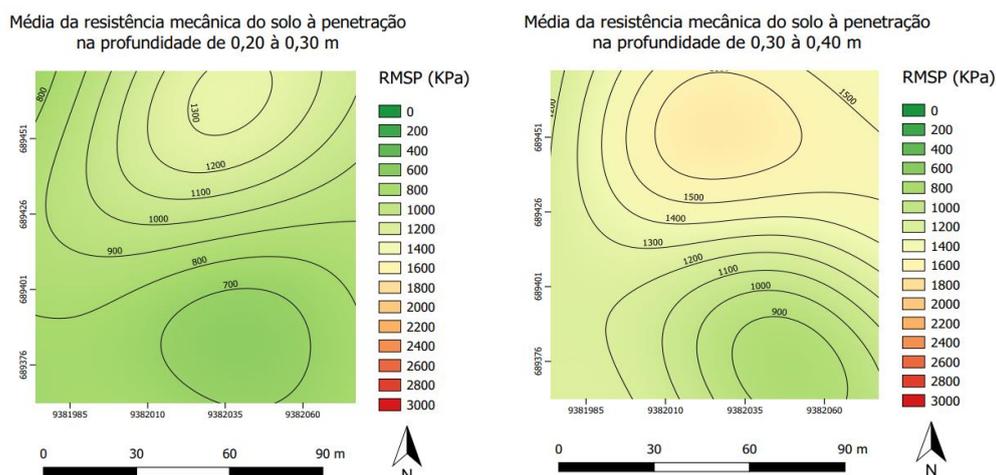
No resultado da RMSP, as Figuras 4 - A, B, C e D constata-se que não há limitação ao desenvolvimento radicular possuindo regiões totalmente adequadas ao desenvolvimento das raízes. Dentre as camadas observadas apenas a de 30 – 40 cm (Figura 4- D) são regiões que

podem limitar o desenvolvimento radicular. A compactação do solo em níveis intermediários é benéfica às plantas em relação a um solo desagregado. Portanto, os índices apresentados permitem dizer que a compactação apresentada na área cultivada não representa problemas para o desenvolvimento da cultura.

As figuras abaixo mostram alguns locais da área com coloração mais alaranjada como visto na Figura C e com maior tonalidade na D (30 – 40 cm). São manchas localizadas na parte central aumentando em direção a extremidade norte com maiores teores até 1500 Kpa de RSP. Na ocasião, foi informado que na área é realizado o pisoteio por bovinos antes do preparo do solo para plantio. Essa prática favorece a compactação superficial do solo que prejudica a infiltração de água, dificulta o desenvolvimento das raízes, pois diminui a porosidade impactando na disponibilidade de nutrientes para as plantas.

Figura 6: Mapas dos teores de RMSP em Kpa na área cultivada para as camadas; A- 0 à 10 cm, B - 10 à 20 cm, C - 20 à 30 cm e D - 30 – 40 cm. Coordenadas UTM – Datum; WGS 84, zona 24S e escala de 1;1500, Upanema-RN.





Fonte: Acervo do autor (2021).

Verifica-se que pelo tipo de análise e através dos índices da literatura e pelos resultados apresentados pode-se dizer que a compactação não apresenta problema, inclusive pode ser até benéfica.

Ao comparar a área nativa com a área cultivada com meloeiro (Tabela 8) percebe-se que na cultivada ocorreu menor RMSp, isso deve estar relacionado ao seu histórico dos dez anos de cultivo com uso de práticas convencionais de preparo do solo, tanto a aração e gradagem da camada arável. Vale ressaltar que o revolvimento do solo permite haver maior rugosidade, superior aeração e menor RMSp.

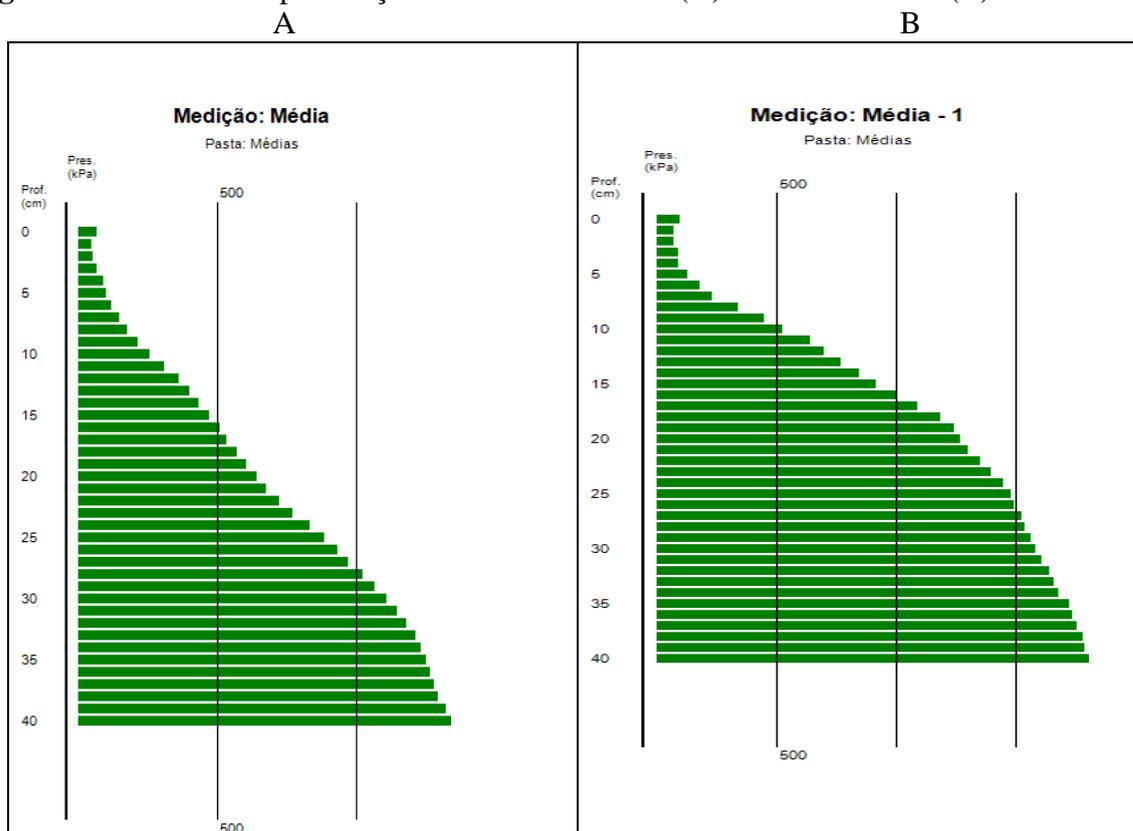
Tabela 8. Compactação do solo cultivado e da área de mata nativa, Sítio Lagoa, Upanema/RN, 2021.

Resistência do solo à penetração área de mata nativa (kpa)					
	RP0-10	RP10-20	RP20-30	RP30-40	Indcone
Média	210,5875	969,7875	1472,338	1722,325	1072,213
DesvPad	80,90194	244,752	305,3965	518,6147	183,1584
CV (%)	38,41726	25,23769	20,74229	30,11132	17,08228
Resistência do solo à penetração área cultivada (kpa)					
	RP0-10	RP10-20	RP20-30	RP30-40	Indcone
Média	129,2708	513,3796	926,2304	1292,013	706,0656
DesvPad	41,93075	200,8756	319,1075	419,0183	211,224
CV (%)	32,43636	39,12809	34,45228	32,43142	29,91563
Comparativo entre resistência nas duas áreas					
	RP0-10	RP10-20	RP20-30	RP30-40	Indcone
RP _{nativa}	210,5875	969,7875	1472,338	1722,325	1072,213
RP _{cultivada}	129,2708	513,3796	926,2304	1292,013	706,0656
diferença	-81,3167	-456,408	-546,107	-430,312	-366,147

Ainda foi observado que ao se confrontar as duas áreas a cultivada com meloeiro durante dez anos consecutivos, as três primeiras camadas encontram-se entre 100 à 1.000 KPA e somente na última camada a RMSP ultrapassa esse limite. Já na área da mata nativa a maioria está entre 900 e menor de 2.000 KPA.

Na representação gráfica da RSP em profundidade pode-se observar o comportamento da pressão exercida para a penetração da haste (Figura 5). Analisando a RSP em relação às profundidades (Figura A e B), verifica-se diferenças significativas entre as quatro profundidades. A RSP aumenta em profundidade, as camadas mais superficiais são menos resistentes em relação as camadas mais baixas. Na observação da verticalização dos dados de RSP os valores aumentam de forma crescente nas camadas próximas a superfície para as camadas mais profundas, sendo considerado moderado e não houve impedimento do desenvolvimento das raízes e também os valores não ultrapassam 2.000 KPA, sendo classificado como moderada (Arshad et al., 1996).

Figura 7. Resistência a penetração nas áreas cultivada (A) e de mata nativa (B)



Fonte: Acervo do autor (2021)

Apesar de se trabalhar no preparo do solo para o cultivo do melão durante todo esse período, as figuras mostram que o solo não compactou e sim descompactou. Um determinado solo compactado por máquinas apresenta camada compactada em torno de 25 cm aumentando a sua

resistência à penetração. É característica desse solo aluvial pelos teores de argila, salinidade que seja mesmo compactado, o preparo descompactou na profundidade de 15 a 20 cm e abaixo disso, é o próprio solo com suas características naturais

Gondim et al. (2015) encontraram resultados semelhantes ao encontrado no presente estudo, com diferenças significativas entre as quatro profundidades, em razão da diminuição do teor de água do solo, conferindo menor resistência do solo quando em maior quantidade.

5 CONCLUSÕES

1. O manejo da irrigação está causando a lixiviação de sais.
2. A adubação está contribuindo com aumento do pH do solo.
3. A mecanização não está compactando o solo.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALDENIR, J. Arrecadação com exportação de frutas no Rio Grande do Norte chega a US\$ 136 milhões. 2017. Disponível em:< <http://agorarn.com.br/economia/arrecadacao-comexportacao-de-frutas-no-rio-grande-do-norte-chega-u-136-milhoes/>>. Acesso em: 18Fev. 2019.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH. Evapotranspiration del cultivo: guias para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Roma: FAO, 2006, 298p. (FAO, Estudio Riego e Drenaje Paper, 56).
- ALVAREZ, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. KÖPPEN'S. Climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6,711-728, 2013.
- AMARO F. J. - Física do Solo: Conceitos e aplicações. Fortaleza, 2008.
- ANDOGNINI, J. et al. Soil compaction effect on black oat yield in Santa Catarina, Brazil. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 44, n. 1, p. 1-16, 2020.
- ANGELOTTI, F.; COSTA, N. D. 2010. Sistema de produção de melão. Disponível em:<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Melao/SistemaProducaoMelao/clima.html#5>>. Acesso em: 22 FEV. 2021.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA 2014. Porção equilibrada. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2015. 29 p. Disponível em: 82 <http://www.grupogaz.com.br/editora/anuarios/show/4718.html>>. Acesso em: 20 Fev. 2022.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTI&FRUTI 2020. Brasiliam fruit yearbook. 2020. In:

<http://www.editoragazeta.com.br/anuario-brasileiro-de-horti-fruti-2020/>. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2019. 104 p. Acesso em: 02 Jan. 2022.

- ARAÚJO, E.A. KER, J.C. NEVES, J.C.L. LANI, J.L. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. *Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia*, 5: 187-206, 2012.
- AROUCHA, E. M. M. et al. Vida útil pós-colheita de cinco híbridos de melão amarelo produzidos no agropolo Mossoró-Assu. *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 25, n. 3, p. 52-57, 2012.
- ARSHAD, M. A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. *SSSA Special publication*, v. 49, p.123-142, 1996.
- BARCELOS, L. R. Anuário Brasileiro da Fruticultura 2018. Santacruzdosul/rs: Editora Gazeta, 2018.
- BARRETO, P. A. B; GAMA-RODRIGUES, E. F; GAMA-RODRIGUES, A. C. Carbono das frações da matéria orgânica em solos sob plantações de eucalipto de diferentes idades. *Sci. For.*, Piracicaba, v. 42, n. 104, p. 581-590, dez. 2014.
- BATISTA, M.A.; INOUE, T.T.; ESPER NETO, M.; MUNIZ, A.S. Princípios de fertilidade do solo, adubação e nutrição mineral. Maringá: EDUEM, 2018, pp. 113-162. ISBN: 978-65-86383-01-0.
- BONELLI, E.A., Silva, E.M.B., Cabral, C.E.A., Campos, J.J., Scaramuzza, W.L.M.P. & Polize, A.C. (2011). Compactação do solo: Efeitos nas características produtivas e morfológicas dos capins Piatã e Mombaça. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 15(3): 264-269, 2011.
- CALLEGARI, A. R.; SOUSA, de M. M. G.; MIRANDA, O. de N.; GÓES, de B. G.; SILVA, da F. R. Á. Produtividade de frutos e teores de nutrientes no solo durante um cultivo de meloeiro. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*. v.7, n.1, p.24-36, 2012.
- CAMARGO, O. A. ; ALLEONI, L. R. F. Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas. Piracicaba, Degas pari, 132p. 1997.
- CAMBARDELLA, C. A., MOORMAN, T. B., PARKIN, T. B., KARLEN, D. L., NOVAK, J. M., TURCO, R. F.; KONOPKA, A. E. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. *Soil Science society of America journal*, 58(5), p. 1501-1511, 1994.
- CAMPOS, I.; NEALE, C. M. U.; SUYKER, A. E.; ARKEBAUER, T. J.; GONÇALVES, I. Z. Reflectance – based crop coefficients REDUX: For operational evapotranspiration estimates in the age of high producing hybrid varieties. *Agricultural Water Management*. p. 140-153. 2017.
- CAMPOS, M. C. C.; OLIVEIRA, I. A.; AQUINO, R. E.; BERGAMIN, A. C.; SILVA, D. A. P. Distribuição espacial de atributos físicos do solo em área cultivada com canade-açúcar. *Revista Agro@mbiental*, Boa Vista, v. 7, n. 2, p. 119-128, 2013.
- CANELLAS, L.P.; VELLOSO, A.C.X.; MARCIANO, C.R.; RAMALHO, J.F.G.P.; RUMJANEK, V.M.; REZENDE, C.E. e SANTOS, G.A. COSTA, F.S.; BAYER, C.;

- ZANATTA, J.A. e MIELNICZUK, J. Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32:323-332, 2008.
- CARNEIRO, M.A.C.; SOUZA, E.D.; REIS, E.F., PEREIRA, H.S. e AZEVEDO, W.C. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33:147-157, 2009.
- CEPEA. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada-ESALQ/USP. 2014. Melão. Estatística de produção. Hortifruti Brasil. p. 36. 2014. Disponível em:<<http://www.cepea.esalq.usp.br/hfbrasil/edicoes/130/melao.pdf>>. Acesso em 25 Jan. 2022.
- CHAVES, S. W. P. et al. Conservação de melão Cantaloupe cultivado em diferentes doses de N e K. *Horticultura Brasileira*, v. 32, p. 468-474, 2014.
- CORRÊA, R. M.; FREIRE, M. B. G.; FERREIRA, R. L. C.; FREIRE, F. J. F.; PESSOA, L. G. M.; MIRANDA, M. A.; MELO, D. V. M. Atributos químicos de solos sob diferentes usos em perímetro irrigado no semiárido de Pernambuco. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.33, p.305-314, 2009.
- COSTA, I.; SOUZA, M. N. O. Água ainda é um fator limitante para investimentos na produção de melão. *Revista de Horticultura Brasileira*. 2017; 15(163).
- COSTA, M. A. T.; TORMENA, C. A.; LUGÃO, S. M. B.; FIDALSKI, J.; NASCIMENTO, W. G.; MEDEIROS, F. M. Resistência do solo à penetração e produção de raízes e de forragem em diferentes níveis de intensificação do pastejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 36: p. 993-1004, 2012.
- COSTA, N. D.; DIAS, R. C. S. Sistemas de produção de melão. 2010. Disponível em:<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Melao/Sistema Producao Melao/plantio.html>>. Acesso em: 27 fev. 2021.
- COSTA, N. D.; GRANJEIRO, L. C. Sistemas de produção de melão. 2010. Disponível em:<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Melao/Sistema Producao Melao/cultivares.html>>. Acesso em: 27 fev. 2021.
- COSTA, N.D.; DIAS, R.C.S.; FARIA, C.M.B.; TAVARES, S.C.C.H.; TERAÓ, D. Petrolina-EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Semiárido, Avaliação de cultivares de cebola em Petrolina., p.37-39, 2000. Circular Técnica, 59.
- COULOMBE, C.E.; DIXON, J.B.; WILDING, L.P. Mineralogy and chemistry of Vertisols. In: AHMAD, N.; MERMUT, A. (Eds.), *Vertisols and Technologies for Their Management*. Elsevier, Amsterdam. 115–200p. 1996.
- CUNHA, R. R. Da. Avaliação das características do solo em cultivo de palma forrageira irrigada com águas salinas. UFERSA, 104 p, 2018 (Dissertação de Mestrado).
- DEUS, J. A. L. de; SOARES, I.; NEVES, J. C. L.; MEDEIROS, J. F. de; MIRANDA, F. R. de. Fertilizer recommendation system for melon based on nutritional balance. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, Viçosa, v. 39, n. 2, p. 498-511, 2015.

EMBRAPA - Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária - Adubação, Irrigação, Híbridos e Práticas Culturais para o Meloeiro no Nordeste. Fortaleza, CE Dezembro, 2002. ISSN 1676-6601.

EMBRAPA SEMIÁRIDO, Sistema de produção de melão. Agosto, 2010.

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations-Statistics division. 2015. Production. Crops/ Melon. Disponível em:<<http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>>. Acesso em: 22 fev. 2021.

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations-Statistics division. 2015. Production. Crops/ Melon. Disponível em:<<http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>>. Acesso em 22 fev. 2019.

GONDIM, J. E. F. ; REBOUÇAS, C. A.M.; PORTELA, J. C.; CAVALCANTE, J. S. J.; SILVA, S. Y. A. M.; DIAS, M. C.C. Resistência mecânica do solo à penetração em diferentes manejos do solo e da caatinga em Governador Dix-Sept Rosado-RN. Agropecuária Científica No Semiárido, v. 11, n. 2, p. 72-76, 2015.

GURGEL, A.L.C., Santana, J.C.S., Theodoro, G.F., Difante, G.S., Almeida, E.M., Arcanjo, A.H.M., Costa, C.M., Costa, A.B.G. & Fernandes, P.B.. Compactação do solo: Efeitos na nutrição mineral e produtividade de plantas forrageiras. Revista Científica Rural, 22(1): 13-29. 2020.

HIDALGO, C. et al. Physical and chemical process determining soil organic matter dynamics in a managed Vertisol in a tropical dryland area. Soil & Tillage Research, Amsterdam, v. 194, n. 1, p. 1-9, 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Produção Agrícola municipal: Culturas temporárias e permanentes. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2013.99p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. Produção agrícola municipal. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/pam/default.asp?o=27&i=P>>. Acesso em: 07 de jan. 2021.

IPECE- Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. Enfoque Econômico. Evolução das exportações Cearenses de melões- 2007 a 2012. 2013. Disponível em:<http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/enfoqueeconomico/EnfoqueEconomicoN58_22_01_2013.pdf>. Acesso em: 23 fev. 2021.

KLEIN, V. A.; LIBARDI, P. L. Densidade e distribuição do diâmetro dos poros de um latossolo vermelho, sob diferentes tipos de uso e manejo. Revista Brasileira De Ciências Do Solo, v. 26, p. 857-67, 2002.

LIMA, J. S. de S.; SILVA, S. de A.; SILVA, J. M. Spatial variability of chemical attributes of a Red-Yellow Latosol under no-tillage cultivation. Revista Ciência Agronômica, v. 44, p. 16-23, 2013.

- LOPES, H. S. S.; MEDEIROS, M. G. De; SILVA, J. R.; MEDEIROS JÚNIOR, F. A.; SANTOS, M. N.; BATISTA, R. O. Biomassa microbiana e matéria orgânica em solo de Caatinga, cultivado com melão na Chapada do Apodi, Ceará Rev. Ceres, Viçosa, v. 59, n.4, p. 565-570, jul/ago, 2012.
- LUZ, M. J. da S.; FERREIRA, G. B.; BEZERRA, J. R. C. Adubação e Correção do Solo: Procedimentos a Serem Adotados em Função dos Resultados da Análise do Solo. Circular Técnica, 63. Campina Grande-PB, 2002.
- MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres. 2006.
- MALLEK-AYADI, S.; BAHLOUL, N.; KECHAOU, N. Chemical composition and bioactive compounds of Cucumis meloL. seeds: Potential source for new trends of plant oils. Process Safety and Environment Protection, United Kingdom, v. 113, n. 1, p. 68–77, 2018.
- MASCARENHAS, Y. S.; GONÇALVES, G. de M. O.; CAETNO, P. H. P.; MADARI, B. E.; CORRECHE, V. & SILVA, M. A. S. Propriedades físicas do solo em áreas de várzeas tropicais sob cultivo de arroz irrigado por inundação, 2015.
- MEDEIROS, D. C.; MEDEIROS, J. F. de; PEREIRA, F. A. L.; SOUZA, R. O.; SOUZA, P. A. Produção e qualidade de melão Cantaloupe cultivado com água de diferentes níveis de salinidade Revista Caatinga, vol. 24, p. 92-98, 2011.
- MEDEIROS, J. F. et al. Efeito da lâmina de irrigação na conservação pós-colheita de melão Pele de Sapo. Horticultura Brasileira, v. 30, p. 514-519, 2012.
- MEDEIROS, J.D., S.C.L. SANTOS, M.J.T. CÂMARA E M.Z.D. NEGREIROS. 2007. Produção de melão Cantaloupe influenciado por coberturas do solo, agrotêxtil e lâminas de irrigação. Hortic. Bras. 25(4), 538-543.
- MINASNY, B.; MCBRATNEY, A. B.; WHELAN, B. M. 2002. Vesper version 1.6. Sidney: Australian Centre for Precision Agriculture, McMillan Building A05, The University of Sydney, NSW, 2006.
- MOTA, J. C. A. et al. Armazenagem de água e produtividade de meloeiro irrigado por gotejamento, com a superfície do solo coberta e desnuda. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 34, p.1721-1731, 2010.
- MOUSTAKAS, N.K. A Study of Vertisol genesis in north eastern Greece. Catena, 92:208-215. 2012.
- OLIVEIRA, D. M; ALMEIDA, C. A. S; PONTES, F. S. T; DANTAS, F. C; PONTES, F. M. 2011. A cultura do melão no estado do Rio Grande do Norte pós plano real: 1995-2009. Revista Verde 6: 192 -196.

- OLIVEIRA, de A. de F.; MEDEIROS, F. J. de; LIMA, S. de G. J. C.; DUTRA, I.; Oliveira, de T. K.M.; AMÂNCIO, G. das M. Acúmulo e partição de matéria seca, nitrogênio e potássio pelo meloeiro fertirrigado. Biosci. J., v. 25, n. 3, p. 24-31, 2009.
- OLIVEIRA, de A. de F.; MEDEIROS, F. J. de; LIMA, S. de G. J. C.; DUTRA, I.; OLIVEIRA, de T.K.M. Eficiência agrônômica da fertirrigação nitrogenada e potássica na cultura do meloeiro nas condições do semiárido nordestino. Caatinga v.21, n.5 (Número Especial), p.05-11, 2008.
- OLIVEIRA, de A. de F.; MEDEIROS, F. J. de; Lima, S. de G. J. C.; DUTRA, I.; OLIVEIRA, de T. K. M.; AMÂNCIO, G. das M. Acúmulo e partição de matéria seca, nitrogênio e potássio pelo meloeiro fertirrigado. Biosci. J., v. 25, n. 3, p. 24-31, 2009.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO FAO. FAOSTAT. Divisão de estatística. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>>. Acesso em: 09 de jan. 2021.
- PAL, D.K. et al. Vertisols (cracking clay soils) in a climosequence of peninsular India: Evidence for holocene climate changes. Quaternary International, 2009, 6–21.
- PEREIRA, R.G.; SANTOS, M.N.; QUEIROGA, F.M.; LEMOS, M.; LEITE, G.A. Influência do manejo sobre alguns atributos físicos do Solo após cinco anos de cultivo com melão (cucumis melo L.). Revista verde, v.5, n.2, p. 103-108, 2010.
- PEREIRA FILHO, J. V. Cultivo de melão sob diferentes frequências de irrigação e parcelamento da adubação nitrogenada no Vale do Curu, Ce. Fortaleza: UFC, 2012. 95p. Dissertação Mestrado.
- PEREIRA FILHO, V. J.; Bezerra, L. M. F.; Silva, da A. R. A.; Sousa, de M. C. C.; Castro, de M. J. Frequência de irrigação e aplicação de N em meloeiro irrigado por gotejamento nas condições semiáridas do Nordeste. Científica, v.42, n.1, p.11–22, 2014.
- PRADO, R. M. Nutrição de plantas. São Paulo: Editora Unesp, 2008, 407p.
- RANGEL, O.J.P. e SILVA, C.A. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. R. Bras. Ci. Solo, 31:1609-1623, 2007.
- RESENDE, M.; Curi, N.; Santana, D. P. Pedologia e fertilidade do solo: Interações e aplicações. Brasília: Ministério da Educação; Lavras: ESAL; Piracicaba: POTAFOS, 1988, 81p.
- SANTOS, H. G. et al. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5.ed. Brasília, Embrapa. 2018. 356p.
- SENA, Liana Mara Mendes de. Conheça e Conserve a Caatinga – O Bioma Caatinga. Vol. 1. Fortaleza: Associação Caatinga, 2011, 54p.

- SILVA, M. de M. L., FIGUEIREDO, de F. M. R., SOUSA, de C. F., SOUSA, de P. E., LIMA, O. de V. K. A. Parâmetros químicos, físicos e físico-químicos de três variedades de melão. *Revista Verde* v.6, n.5, p. 242–246, 2011.
- SILVA, Gildivan dos Santos. Análise física do solo em áreas degradadas sob condições de pousio e adubação orgânica no semiárido cearense. 2018. 94 f. Tese. (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.
- SILVA W.L.C; MAROUELLI W.A. Fertirrigação de hortaliças. *Irrigação & Tecnologia Moderna* 52/53, 2002.
- SOUZA, A.P. Manual do pós-graduando em Manejo de Solo e Água. Areia: PPGMSA/CCA/UFPB, 2005. 63p.
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA G. K.; WENCESLAU, A. F.; TEIXEIRA, G. Manual de Métodos de Análise de Solo. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2017, 573 p.
- TELLES, D. D. Drenagem. In: Módulo 2.3, Curso de Elaboração de Projetos de Irrigação. Brasília: ABEAS, 1988. 61p.
- TORMENA, C. A.; SILVA, A. P. & LIBARDE, P. L. Soil physical quality of a Brazilian Oxisol under two tillage systems using the least limiting water range approach. *Soil and Tillage Research*, v. 52, p. 223-232, 1999.
- VALE, A. A. de M. Meloeiro cultivado em solo arenoso em resposta a doses de nitrogênio e potássio. Mossoró: UFERSA, 2017. 74p. Dissertação Mestrado.
- VEZZANI, F.M. & MIELNICZUK, J. O solo como sistema. Curitiba, 2011. 104p.
- VIANA T.V.A.; SALES, I.G.M.; SOUSA, V.F.; AZEVEDO, B.M.; FURLAN, R.A.; COSTA, S.C. Produtividade do meloeiro fertirrigado com potássio em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*, v.25, p.460-463, 2007.
- VIDAL, M. F; XIMENES L, J, F; Comportamento recente da fruticultura nordestina: área, valor da produção e comercialização. Banco do Nordeste do Brasil, 2016. (Série documentos do ETENE, n.2).
- WIDMOSER, P. A discussion on and alternative to Penman–Monteith equation. *Agricultural Water Management*, Amsterdam, n. 96, p. 711–721, 2009.
- WU, Z.; TU, M.; YANG, M.; XU, J.; YU, Z. Effect of cutting and storage temperature on sucrose and organic acids metabolism in postharvest melon fruit. *Postharvest Biology and Technology*, v.161, p.1-12, 2020.
- ZEBALOS, C. H. S.; SOARES, E. R; BARBOSA, C. L.; NOGUEIRA, A. E.; QUEIROZ, S. F. Calagem e adubação na cultura do meloeiro. *Rev Cient Fac Educ e Meio Ambiente*, 2117, 91-102.

.CAPÍTULO II - ATRIBUTOS DO SOLO E QUALIDADE DOS FRUTOS E PRODUTIVIDADE DO MELOEIRO

Figura 1	–	Localização da área de estudo: Sítio Lagoa no Município Upanema, Rio Grande do Norte, Brasil.	53
Figura 2	–	Distribuição dos pontos de coleta de solo na área cultivada com melão ...	55
Figura 3	–	Subdivisão da área em parcelas.....	56
Figura 4	–	Amostragem em malha e colheita de frutos.....	56
Figura 5	–	Análises físicas e químicas dos frutos.....	57

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II - ATRIBUTOS DO SOLO E QUALIDADE DOS FRUTOS E PRODUTIVIDADE DO MELOEIRO

Tabela 1	– Estatística descritiva dos componentes de produção e características de qualidade de um Vertissolo cultivado com melão, Sítio Lagoa, Upanema-RN, 2021.....	59
Tabela 2	– Níveis dos atributos químicos em Vertissolo, Sítio Lagoa, Upanema-RN, 2021.	60
Tabela 3	– Correlações de pearson entre variáveis de produção do melão e atributos químicos do solo, Sítio Lagoa, Upanema/RN, 2021.	63
Tabela 4	– Análise de regressão múltiplas das variáveis de produção com os parâmetros químicos do solo - incluídas as variáveis com $p < 0,10$ na correlação..	65
Tabela 5	– Estatística descritiva das características de qualidade do melão cultivado em Vertissolo, Sítio Lagoa, Upanema-RN, 2021.....	67
Tabela 6	– Correlações de Pearson entre variáveis de qualidade do melão e atributos químicos do solo, Sítio Lagoa, Upanema/RN, 2021.	69
Tabela 7	– Análise de Regressão Múltipla das qualidades do melão com variáveis químicas do solo - incluídas as variáveis com $p < 0,10$ na correlação.....	71

CAPÍTULO II - ATRIBUTOS DO SOLO E QUALIDADE DOS FRUTOS E PRODUTIVIDADE DO MELOEIRO

RESUMO: O semiárido brasileiro por apresentar condições edafoclimáticas propícias ao cultivo do meloeiro, *Cucumis Melo* L., garante anualmente cerca de 95% das exportações da cultura, com destaque aos estados do Rio Grande do Norte e Ceará. As cultivares de melão de maior expressão nacional são do tipo Pele de Sapo, Amarelo, Cantaloupe e Gália, com tendência crescente a exploração de híbridos pelo seu potencial produtivo, especialmente quando irrigado. O objetivo principal do presente trabalho foi avaliar a fertilidade com a produção e a qualidade dos frutos do meloeiro em um Vertissolo explorado há mais de dez anos consecutivos e identificar as parcelas da área onde ocorre maior influência da fertilidade, determinando causas de variação de produtividade e qualidade. A pesquisa foi desenvolvida em uma área de assentamento estadual implantada com a cultura do meloeiro irrigado explorada há dez anos consecutivos no município de Upanema-RN. Foram analisados os seguintes atributos físicos (distribuição de tamanho e densidade de partícula), químicos (pH, matéria orgânica do solo, condutividade elétrica, teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio e sódio, acidez trocável, capacidade de troca de cátions e percentagem de sódio trocável) e mecânicos (resistência média do solo a penetração). As amostras de resistência média de solo a penetração foram obtidas com auxílio do penetraógrafo eletrônico e coletadas em malha de 87 pontos não regular para a área sob cultivo do melão. Os frutos foram colhidos e analisados visando determinações de produtividade (número, pesos médios dos frutos e tipos comercializáveis) e qualidade (aparência externa, formato e espessura do mesocarpo, pH, sólidos solúveis totais e acidez). A colheita foi realizada em uma área 100 x 100 m. O esquema experimental da área consistiu de uma malha de amostragem com espaçamento regular de 20 m, totalizando 25 parcelas. Após a colheita, os frutos foram classificados, de acordo com o tipo, de 1ª e de 2ª para o mercado nacional. De cada parcela, foram determinados o número de frutos e o peso médio de frutos de 1ª e de 2ª e a produtividade. Os componentes de produção e qualidade de frutos foram analisados em vinte e cinco amostragem por meio de estatística descritiva para visualizar o comportamento geral dos dados e identificar possíveis valores discrepantes. Os componentes de produção estão sendo beneficiados pelas variáveis K^+ e Ca^{2+} e prejudicados pelas variáveis pH e PST. As características de qualidade estão sendo beneficiadas pelas variáveis Ca^{2+} , Na^+ e MOS e afetadas pelas variáveis P, MOS e PST. O manejo da adubação e da irrigação está causando grande variação na fertilidade do solo.

Palavras-chave: *Cucumis melo* L. Componentes de produção. Causas de variação. Classificação comercial.

CHAPTER II – SOIL ATTRIBUTES AND FRUIT QUALITY AND YIELD OF MELON

ABSTRACT: Even demanding more care in production, the cantaloupe group has conquered the national market, either because of its flavor characteristics or because of its commercial value. The main objective of the present work was to relate the fertility of a Vertisol with the production and quality of the melon fruits, identifying how the soil management in the studied area can be influenced in these variables. The research was developed in an area of state settlement implanted with the irrigated melon crop, explored for ten consecutive years in the municipality of Upanema-RN. The following physical attributes (particle size and density distribution), chemical (pH, soil organic matter, electrical conductivity, phosphorus, potassium, calcium, magnesium and sodium, exchangeable acidity, cation exchange capacity and percentage) attributes were analyzed exchangeable sodium) and mechanical (medium resistance of the soil to penetration). Samples of average soil resistance to penetration were obtained with the aid of an electronic penetrometer and collected in a non-regular 87-point mesh for the area under cultivation of melon. The fruits were harvested and analyzed for determinations of yield (number, average weight of fruits and marketable types) and quality (external appearance, shape and thickness of the mesocarp, pH, total soluble solids and acidity). The collection was carried out in an area 100 x 100 m. The experimental scheme of the area consisted of a sampling grid with regular spacing of 20 m, totaling 25 plots. After harvesting, the fruits were classified, according to type, 1st and 2nd for the national market. From each plot, the number of fruits and the average weight of 1st and 2nd fruits and yield were determined. The components of production and fruit quality were analyzed in twenty-five samples through descriptive statistics to visualize the general behavior of the data and identify possible outliers. The production components are being benefited by the K and Ca variables and harmed by the pH and PST variables. The quality characteristics are being benefited by the variables Ca, Na and soil organic matter and affected by the variables P, soil organic matter and PST. The management of fertilization and irrigation is causing great variation in soil fertility.

Keywords: *Cucumis melo* L. Production components. Causes of variation. Commercial classification.

1 INTRODUÇÃO

O meloeiro (*Cucumis melo* L) é uma das hortaliças pertencente à família das Cucurbitáceas de grande importância no cenário econômico do Brasil. Seu cultivo gera emprego e renda para população regional do nordeste brasileiro movimentando o mercado nacional e internacional. No ano de 2017 a região do nordeste brasileiro ocupou o primeiro lugar no ranking da produção nacional, com destaque os estados do Rio Grande do Norte, seguido do Ceará e da Bahia (IBGE, 2018). Os principais mercados importadores desta olerícola em 2017 foram Holanda (41%), Reino Unido (27%) e 24 Espanha (23%) ocupando assim o 28º lugar nas exportações de produtos básicos nacionais movimentando US\$ 162 milhões de dólares para o mercado brasileiro (SECEX, 2018). Os principais estados produtores de melão são o Rio Grande do Norte (RN) (338,7 mil t) e Ceará (CE) (70,6 mil t), ambos localizados no Nordeste do Brasil. Deve-se notar que essa região responde por até 95,2% da produção nacional (IBGE, 2018).

O fato de essa região ser área livre de mosca das frutas (*Anastrepha Grandis*) favoreceu o fortalecimento e concentração dos plantios nessa área (Souza, 2017), além do clima, seco e baixa umidade, durante o período da janela de exportação (julho a dezembro), que favorece o desenvolvimento dessa cultura, facilitado pela proximidade de portos como os de Natal, no Rio Grande do Norte, e de Pecém, no Ceará.

Em termos de produção, segundo Veras (2019), o melão produzido no polo integrado Açúcar-Mossoró corresponde em média a 90% da produção total do Rio Grande do Norte, com destaque para um crescimento de 14% ao longo desses vinte anos. Em 2018, as exportações de melões frescos (que incluem as melancias) no RN foram de 70,8 milhões de dólares.

Vale ressaltar, que apesar da cultura do meloeiro ser a mais explorada pelos agricultores da Associação Geraldo Messias, segundo a FAO (2012) é a olerícola de maior expressão econômica e social no Nordeste do Brasil. No entanto, essas áreas de várzea são carentes de informações que defina um sistema produtivo que gere redução de custos, aumente a produtividade, e alcance os padrões mínimos de qualidade dos frutos exigidos no mercado nacional e internacional, sendo este um dos grandes desafios das famílias produtoras.

Estudando os fatores determinantes do aumento de produtividade das culturas, Natale (2009), concluiu que é primordial o atendimento das exigências nutricionais dos vegetais, especialmente através da calagem e da adubação. Em função do melhoramento genético, as plantas passaram a produzir mais e com qualidade superior, porém sua exigência em nutriente também aumentou. Nesse sentido, o cultivo do meloeiro é uma exploração que demanda muito capital, por isto torna-se imprescindível o refinamento das tecnologias adotadas, para se obter um melhor custo-benefício dos insumos aplicados. Dessa forma, uma das medidas importantes

e passíveis de investigação é a identificação das doses ideais dos fertilizantes a serem aplicados.

Neste sentido, objetivou-se com este trabalho avaliar a fertilidade com a produção e a qualidade dos frutos do meloeiro em um Vertissolo explorado há mais de dez anos consecutivos e identificar as parcelas da área onde ocorre maior influência da fertilidade, determinando causas de variação de produtividade e qualidade.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Solos da região produtora de melão no Rio Grande do Norte

Na Chapada do Apodi – RN, distribuída no Rio Grande do Norte e Ceará predominam várias classes de solos, sendo os Cambissolos e Argissolos os mais representativos da região produtora de melão no Rio Grande do Norte. Nas áreas de bacias sedimentares encontram-se os Vertissolos de textura fina e com altos teores de nutrientes.

A cultura do meloeiro absorve grandes quantidades de nutrientes em curtos períodos de tempo, sendo o potássio o nutriente extraído do solo em maior quantidade (MEDEIROS et al., 2008).

Kano et al. (2010), estudando híbridos de melão rendilhado, verificaram que a ordem decrescente dos nutrientes acumulados na parte aérea da planta foi: potássio > nitrogênio > cálcio > magnésio > enxofre > fósforo > ferro > manganês > zinco > cobre > boro.

No entanto, a exigência nutricional varia em função de suas fases de seu ciclo de desenvolvimento, ficando evidente, de acordo com Paula et al. (2011), a necessidade de se conhecer o balanço de nutrientes de cada cultura para manejar a adubação, escolher culturas para rotação e otimizar a utilização de insumos. Para isso, a caracterização da marcha de absorção é um ponto importante, uma vez que isso determinará como o parcelamento dos nutrientes poderá ser realizado, principalmente quando se usa fertirrigação (DAMACENO, 2011).

2.2 Nitrogênio e potássio na planta e solo

Sabe-se que para a cultura do melão, N e K são os nutrientes mais requeridos. O N beneficia o crescimento de partes vegetativas das plantas, como folhas e caules, exercendo efeito no aumento da capacidade fotossintética da planta e de sua capacidade produtiva (BUEREN & STRUIK, 2017).

Por sua vez, K é um elemento importante na síntese e translocação de açúcares, permitindo o crescimento e o aumento da qualidade e da vida pós-colheita dos frutos (GANESHAMURTHY et al., 2011).

Estando na solução do solo, o potássio, movimenta-se verticalmente, principalmente pela água de drenagem. Ele pode ser perdido por lixiviação em função desse movimento. Esta movimentação do potássio no perfil do solo depende principalmente do tipo de solo, textura (NEVES et al. 2009), capacidade de troca catiônica (CTC), regime hídrico da dose e solubilidade do fertilizante.

2.3 Fertirrigação no meloeiro

O melão é produzido de forma irrigada, e a fertirrigação é a técnica atualmente mais empregada para se alcançar boas produtividades. Dentre as vantagens, destacam-se a economia de mão de obra, energia, diminuição na compactação do solo, distribuição do fertilizante e melhor utilização dos equipamentos de irrigação (KANNEKO et al., 2012).

No entanto, em alguns empreendimentos a utilização dessa técnica tem ocasionado alguns problemas, como os casos de salinização do solo e perdas por lixiviação de nutrientes, com possibilidades de contaminação e/ou eutrofização de mananciais, além do alto custo de produção, devido à aplicação excessiva de fertilizantes, o que acontece por não haver monitoramento na concentração de íons na solução do solo.

Os nutrientes mais utilizados na fertirrigação são aqueles que têm maior mobilidade no solo como o potássio e, principalmente, o nitrogênio. O estudo e o estabelecimento das relações entre esses nutrientes na solução nutritiva são de grande importância, uma vez que o excesso de nitrogênio pode ocasionar crescimento vegetativo exagerado, provocando a deficiência de potássio e de outros nutrientes pelo efeito de diluição (GENÚNCIO, 2009).

3 MATERIAL E MÉTODOS

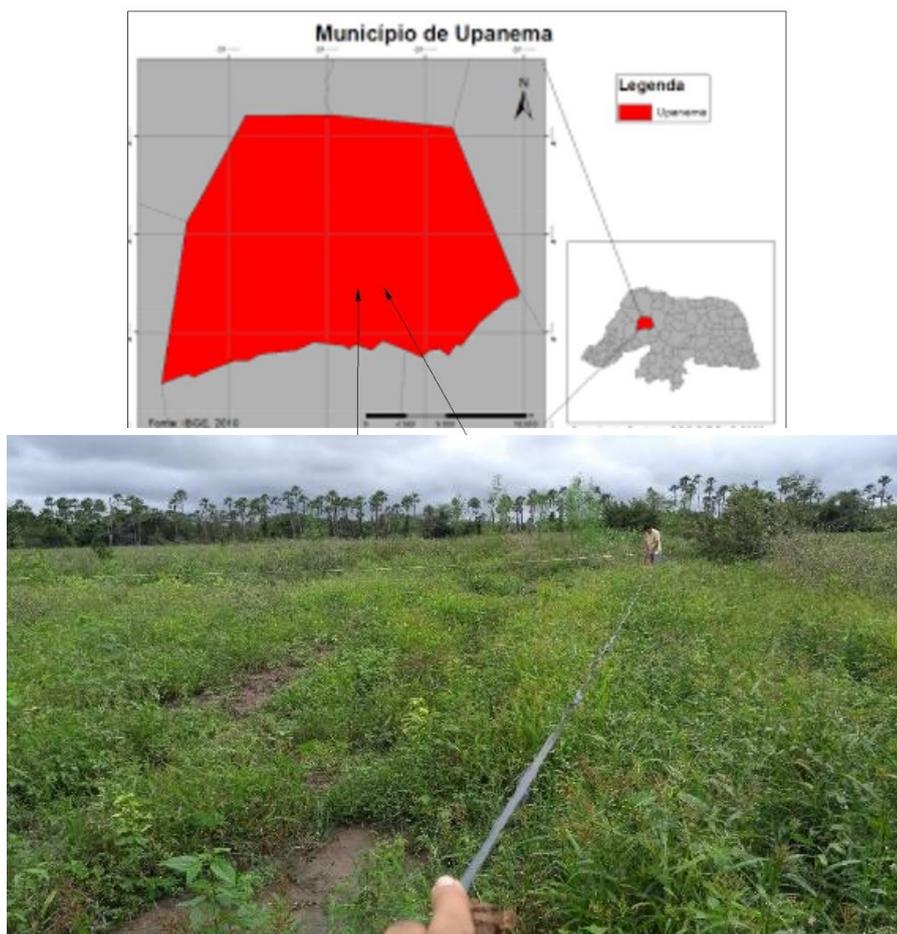
3.1 Localização e caracterização da área experimental

A área de estudo se situa no curso da bacia do rio do Carmo, também conhecido como rio Angicos, na microrregião Médio Oeste deste Estado, no município de Upanema e deságua em ambiente fluviomarinho, a 17 km do mar, logo após a cidade de Mossoró. Apesar de atravessar uma das regiões mais secas do território potiguar, as vazões que ocorrem neste setor da bacia contribuem para abastecer reservatórios de porte médio nos municípios de sua área abrangência,

como Upanema, Campo Grande, Janduís e Messias Targino (Diniz & Pereira, 2015). A partir de 2002 esse rio tornou-se perene no município de Upanema pela construção da barragem de Umari, por meio do barramento do rio do Carmo, o qual pertence à bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, que representa a maior bacia hidrográfica genuinamente potiguar. O reservatório de Umari a 8 km da sede do município de Upanema detém a terceira maior capacidade de reserva de água do estado, com aproximadamente 292.813.650 m³ (SEMARH, 2013).

A área experimental denominada de Sítio Lagoa, no município de Upanema-RN, situado na mesorregião Oeste Potiguar e na microrregião Médio Oeste, corresponde a um solo de várzea da Associação Geraldo Messias (Figura 1) cultivada com meloeiro logo após o período de inverno do ano de 2018, já descrita no artigo anterior, mas especificamente numa área de 1,0 ha nas coordenadas (5° 35' 15,48'' S e 37° 17' 07,97'' W), pertencente ao beneficiário Nicácio Júnior, cultivada há mais de dez anos com diversos tipos de melões tendo a variedade Cantaloupe como predominante.

Figura 1. Localização da área de estudo: Sítio Lagoa no Município Upanema, Rio Grande do Norte, Brasil.



Fonte: Compilação do autor (2021).

O solo do local foi classificado como VERTISSOLO HÁPLICO Órtico típico, segundo o

Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (TEIXEIRA, 2017). A classificação climática de Köppen já descritos no Capítulo 1.

A vegetação predominante é a Caatinga típica do Semiárido nordestino. As espécies que mais se destacam são carnaubeira, juazeiro, pereiro, angico, mofumbo e marmeleiro. A reserva legal está bastante conservada, principalmente à margem do rio revelando sua diversidade de plantas e animais nativos.

O melão explorado na área objeto da pesquisa foi a variedade Cantaloup (com o híbrido Rangers, da Takii Seed). No Brasil, seis tipos são cultivados em escala comercial e são facilmente reconhecidos por terem características claramente observáveis. *Cucumis melo var. inodorus Naud*: Melão Amarelo, Melão Pele de Sapo, Melão Honeydew Os melões desse tipo apresentam-se firmes, com tamanho médio a grande com formato esférico, casca lisa com a cor variando entre o branco e o amarelo, podendo sua polpa ser de cor verde, salmão ou branca. *Cucumis melo var. cantaloupeensis* Naud: melão Cantaloupe são frutos aromáticos de origem americana, Melão Gália foi desenvolvido pelos israelenses em meados da década de 1970. Melão Charentais são de origem francesa (Castro, 2015).

Esse tipo de melão possui a casca rendilhada, polpa de coloração salmão e exala aroma característico quando maduro. Sabendo-se ainda que do total da área de melões explorada pelas famílias da associação, cerca de 99 % foi realizada em cultivos com melão cantaloupe e cerca de 1 % com o melão amarelo. Todo o escoamento da produção de melão oriundo da associação ocorre principalmente no segundo semestre, como forma de evitar as chuvas que, nesta região, acontecem no primeiro semestre.

3.2 Amostragem na área experimental

Os parâmetros avaliados no solo foram químicos (potencial hidrogeniônico - pH, matéria orgânica do solo - MOS, condutividade elétrica - CE, teores de fósforo - P, potássio -K, cálcio - Ca^{2+} , magnésio - Mg^{2+} e sódio - Na^+ , capacidade de troca de cátions - CTC e percentagem de sódio trocável – PST e nos frutos visando determinações de produtividade (número, pesos médios dos frutos dos tipos de primeira e segunda) e qualidade (°brix, aparência externa, formato e espessura do mesocarpo, pH, sólidos solúveis totais e acidez). As amostras de solo da área cultivada foram avaliados nas seguintes profundidades: 0,0-0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m. Foi aplicado o sistema de amostragem em malha com espaçamento regular de 20 x 20 m, totalizando vinte e cinco parcelas.

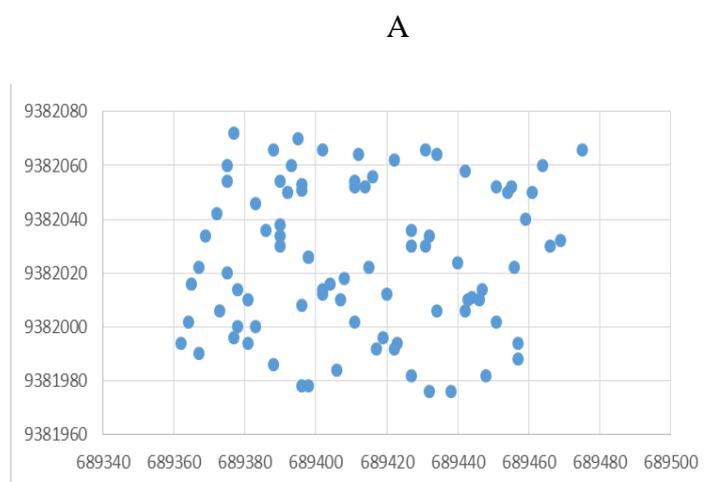
3.3 Coleta das amostras na área experimental

A área experimental continha 10.000 m² (100 m x 100 m) totalizaram 25 parcelas de 20 m x

20 m. As coletas das amostras foram em 4 camadas 0-10; 10-20; 20-30; 30-40 cm de cada parcela foram iniciadas logo após o início das chuvas do ano de 2018 para facilitar trabalho de coleta.

Para a investigação da variabilidade espacial da fertilidade e da coleta dos frutos utilizou-se um GPS de navegação (GPS Portátil Garmin eTrex 10 Amarelo), configurado no sistema de coordenadas UTM X (longitude) e Y (latitude), marcando 125 pontos não regular para a área sob cultivo do melão (Figura 2 - A) como proposto por Santos et al. (2018). A distribuição dos pontos amostrais teve como critério um ponto em cada vértice e outro no centro de cada parcela (Figura 2).

Figura 2 – Distribuição dos pontos de coleta de solo na área cultivada com melão (A)



Fonte: Acervo do autor (2021).

As amostras deformadas foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneiras de malha de 20 mm e de 2 mm, obtendo-se as frações cascalhos (>2,00 mm a <20,00 mm) e a terra fina seca ao ar (TFSA) (<2,00 mm) conforme Teixeira et al. (2017). As análises químicas constaram de: pH em água e em KCl (1:2,5); condutividade elétrica no extrato de saturação (CEes); extração de P disponível e Na⁺ e K⁺ com Mehlich-1 e determinação dos teores de P disponível por colorimetria e de Na⁺ e K⁺ por fotometria de chama; extração dos cátions trocáveis Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ com cloreto de potássio e determinação dos teores por titulometria; H+Al extraídos com acetato de cálcio 1 mol L⁻¹ pH 7,0 e determinado por meio de titulação volumétrica com solução de NaOH 0,025 mol L⁻¹ (Teixeira et al., 2017). A matéria orgânica do solo (MOS) foi determinada pela titulação do dicromato de potássio 0,167 mol L⁻¹ remanescente com sulfato ferroso amoniacal após o processo de oxidação por via úmida conforme metodologia proposta por Yeomans e Bremner (1988).

As características de produção foram avaliadas na ocasião da colheita aos 58 dias após plantio - DAP. A amostragem foi realizada em malha com espaçamento regular de 20m, cujos

nós centralizavam 25 parcelas de 400 m² (Figura 3). A área representativa dessa coleta foi de 4 m² totalizando 6 plantas espaçadas de 0,4 m. Os frutos foram separados em tipo mercado nacional, determinando a produção de frutos comerciáveis de primeira e de segunda, separando por evidentes defeitos de forma, tamanho, danos, cor e sanidade. De cada parcela foram determinados o número e o peso de frutos, além do peso médio dos frutos e a produtividade. Para a análise da qualidade dos frutos, selecionou-se três frutos representativos comercial de cada parcela experimental.



Figura 3: Subdivisão da área em parcelas.



Figura 4: Amostragem em malha e colheita de frutos cantaloupe.

Os frutos foram levados para o Laboratório de Pós-colheita da UFERSA, processados e submetidos às avaliações químicas e de qualidade.

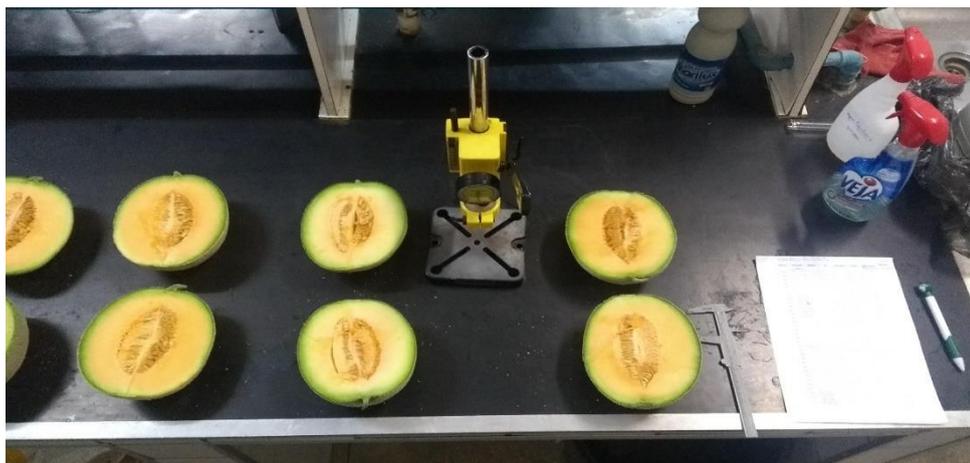


Figura 5: Análises físicas e químicas dos frutos.
Fonte: Acervo do autor.

3.4 Variáveis analisadas

Para as variáveis de produção, foram avaliados número de frutos de primeira (NFPRI) contagem da quantidade de frutos produzidos por cada parcela e sem defeitos e de segunda (NFSEG) contagem da quantidade de frutos produzidos por cada parcela apresentando algum dano físico; número de frutos total (NFTOT) a produção total de cada parcela; peso de frutos de primeira (PESPRI) e de segunda (PESSEG), produção de frutos de primeira (PROPRI) e de segunda (PROSEG) e produção total de frutos (PROTOT) em Kg/ha.

Foram considerados frutos de primeira os que se apresentavam firmes, uniformes quanto à cor, com bom rendimento de casca, sem deformações, murchamento, rachaduras, sinais de podridão, ataques de pragas e danos mecânicos.

Para as características de qualidade, foram avaliados firmeza de polpa, teor de sólidos solúveis, acidez titulável, açúcares solúveis totais e pH. A firmeza dos frutos foi obtida utilizando-se um penetrômetro manual. Os resultados foram obtidos em lb pol-2 e convertidos para Newton (N) multiplicando-se por 4,45. Os teores de sólidos solúveis (SS) foram determinados no suco, usando-se um refratômetro digital com correção automática de temperatura, com os resultados expressos em %. A acidez titulável (AT) foi obtida por titulação do suco com solução de NaOH 0,1 N e expressa como percentagem de ácido cítrico - % AC (Instituto Adolfo Lutz, 1985). O pH foi determinado com potenciômetro digital com membrana de vidro, calibrado com soluções tampão pH 4,0 e pH 7,0. Todas essas avaliações foram realizadas em amostras retiradas na porção mediana e das duas extremidades de uma fatia de cada fruto.

Foram analisadas ainda aparência externa (APEXT) utilizando-se escala subjetiva onde se considerou a ausência ou presença de defeitos, utilizando-se escala de 1 a 5; e o índice de formato de frutos (IFF), determinado pela relação entre os diâmetros longitudinal e transversal do fruto;

Para as variáveis de produção e qualidade pós-colheita as metodologias empregadas foram as mesmas utilizadas por Paiva et al. (2003).

3.5 Análise estatística

As variáveis de produção e qualidade de frutos foram inicialmente analisadas por meio da estatística descritiva, para visualizar o comportamento geral dos dados e identificar possíveis valores discrepantes. As análises de correlação e de regressão simples foram realizadas visando identificar possíveis causas da variação das variáveis dependentes de produção (número, peso de frutos e tipos comercializáveis) e de qualidade (espessura e firmeza de polpa, acidez e teor de sólidos solúveis).

A aderência à distribuição normal foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk a 5% de probabilidade. As correlações foram determinadas pelo coeficiente de Spearman. Foram excluídos valores considerados discrepantes, os quais não se mostraram coerentes com os vizinhos e excederam os limites de dados não discrepantes citados por Queiroz et al. (1999).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Variáveis de produção

Os resultados da análise descritiva para a produtividade e qualidades do melão encontram-

se na Tabela 1. Observa-se que as médias de produtividades foram de 22,566 Mg ha⁻¹ para frutos de primeira (PROPRI) e 3,614 Mg ha⁻¹ para frutos de segunda (PROSEG), inferior a média da região de 30,0 Mg ha⁻¹ (Paula et al., 2017). É importante ressaltar a grande amplitude dos valores dos parâmetros, a qual indica influência da variabilidade das características do ambiente.

Tabela 1 – Estatística descritiva dos componentes de produção e características de qualidade de um Vertissolo cultivado com melão, Sítio Lagoa, Upanema-RN, 2021.

Variável	Nº	Média	CV (%)	Mínimo	Máximo	SW
NFPRI	24	4.64	18	2.50	6.00	0,01
NFSEG	24	1.67	37	0.50	3.00	0,15 ^N
NFTOT	25	6.36	14	5.00	8.00	0,07 ^N
PESPRI	25	1932	8	1645	2274	0,52 ^N
PESSEG	24	865.49	17	593	1318	0,008
PROPRI	24	22566	19	12415	29580	0,39 ^N
PROSEG	24	3614	36	1430	6600	0,91 ^N
PROTOT	25	25.96	16	15.96	33.10	0,77 ^N

CV é coeficiente de variação; SW é a Probabilidade do teste Shapiro Wilk; ^N indica ajuste à distribuição normal. NFPRI é número de frutos de primeira; NFSEG é número de frutos de segunda; NFTOT é o número de frutos total; PESPRI é peso de frutos de primeira (g); PESSEG é número de frutos de segunda (g); PROPRI é a produção de frutos de primeira (kg); PROSEG é a produção de frutos de segunda (kg); PROTOT é a produção de frutos total (ton).

A análise do CV(%) mostrou que houve uma variabilidade alta no número e na produção de frutos de segunda. Essa produção de segunda foi em torno de 14% da produção total. Para se diminuir esse percentual alguns procedimentos operacionais são necessários dentre eles: o preparo de solo desse ser efetivado com uma umidade adequada de modo que não deixe muitos torrões que possa deixar manchas na casca durante o desenvolvimento do fruto; implantação de mulching que além do controle de ervas daninhas próximo ao fruto, reduz danos mecânicos já que a maioria dos frutos permanecem sobre o plástico, dentre outros benefícios. Isso diminui muito os tratos culturais e favorece as capinas manuais nas linhas, viração e desbaste de frutos, colocação de bandejas individuais, dentre outros necessários ao bom desenvolvimento dos frutos.

O peso médio dos frutos da variedade cantaloupe, em geral, varia entre 1,1 e 1,5 Kg, de acordo com Medeiros et al (2011). Os valores médios de peso dos frutos de primeira de 1,93 Kg obtido na área superou a média dos padrões aceitáveis, atingido valor máximo de 2,27 kg (Tabela 1). Os beneficiários produtores da associação afirmaram que a preferência dos consumidores europeus é por frutos cujo tamanho permita ser consumido de uma só vez, sendo atribuído esse fato ao menor número de frutos obtidos na área experimental. Na região de Mossoró-RN, Silva et al. (2014) também obtiveram valores médios de frutos comercializáveis ao redor de 1,8 kg por fruto de melões amarelos.

Na Tabela 2, estão dispostos os valores das análises químicas do solo da área experimental para os atributos estudados nas quatro profundidades. Os valores médios dos atributos químicos do solo foram classificados de acordo com Ribeiro et al. (1999) para o Estado de Minas Gerais e já descritos no artigo 1. Nesse sentido, os resultados das análises químicas revelaram que os nutrientes estudados encontram-se em concentrações elevadas.

Tabela 2 – Níveis dos atributos químicos em Vertissolo, Sítio Lagoa, Upanema-RN, 2021.

Variável	Prof.(cm)	Nº	Média	CV (%)	Mínimo	Máximo	SW
N g/Kg	0-10	25	1,04	41	0,28	1,89	0,49 ^N
	10-20	25	0,96	42	0,07	1,68	0,38 ^N
	20-30	23	0,91	36	0,07	1,26	0,0013
	30-40	24	0,79	48	0,14	1,82	0,15 ^N
pH água (1:2,5)	0-10	24	6,49	2	6,22	6,74	0,20 ^N
	10-20	25	6,44	3	5,99	6,74	0,19 ^N
	20-30	25	6,48	4	5,96	6,89	0,15 ^N
	30-40	25	6,64	3	6,27	7,27	0,06 ^N
CEes dS. m ⁻¹	0-10	25	0,36	29	0,16	0,55	0,88 ^N
	10-20	25	0,40	31	0,15	0,74	0,60 ^N
	20-30	24	0,48	24	0,27	0,78	0,23 ^N
	30-40	24	0,59	32	0,29	0,99	0,03
MOS (g.dm ⁻³)	0-10	24	15,17	36	6,30	32,22	0,004 ^N
	10-20	24	12,47	36	3,94	25,90	0,07 ^N
	20-30	24	11,66	47	2,96	29,37	0,04
	30-40	24	11,62	44	2,13	28,43	0,01
P (mg.dm ⁻³)	0-10	25	18,84	38	5,55	33,16	0,38 ^N
	10-20	25	16,93	48	2,39	34,78	0,14 ^N
	20-30	24	15,64	40	2,77	24,66	0,03
	30-40	24	15,93	40	2,58	26,27	0,55 ^N
K ⁺ (cmol.dm ⁻³)	0-10	25	0,85	26	0,50	1,26	0,26 ^N
	10-20	24	0,64	25	0,41	0,98	0,21 ^N
	20-30	24	0,51	41	0,27	1,08	0,0004
	30-40	24	0,36	29	0,12	0,69	0,04
Na ⁺ (cmol.dm ⁻³)	0-10	24	1,67	50	0,54	3,81	0,19 ^N
	10-20	24	2,02	45	0,64	3,92	0,59 ^N
	20-30	24	2,95	44	0,64	5,65	0,61 ^N
	30-40	24	4,18	49	0,53	7,70	0,32 ^N
Ca ²⁺ (cmol.dm ⁻³)	0-10	25	13,73	19	8,08	19,29	0,74 ^N
	10-20	25	14,10	22	6,88	20,09	0,87 ^N
	20-30	24	15,34	13	10,92	19,49	0,97 ^N
	30-40	24	16,20	17	9,92	19,99	0,23 ^N
Mg ²⁺ (cmol.dm ⁻³)	0-10	25	10,28	21	6,93	14,83	0,75 ^N
	10-20	25	10,68	26	4,63	15,62	0,53 ^N
	20-30	25	10,86	21	6,43	15,23	0,23 ^N
	30-40	24	10,88	20	4,33	14,43	0,17 ^N
CTC (cmol.dm ⁻³)	0-10	25	26,65	17	19,85	36,66	0,59 ^N
	10-20	25	27,55	19	14,80	40,59	0,51 ^N
	20-30	24	30,11	9	25,59	36,80	0,18 ^N
	30-40	25	31,78	14	18,75	39,99	0,30 ^N
PST (%)	0-10	24	6,09	41	2,53	11,44	0,24 ^N
	10-20	24	7,15	39	3,37	13,80	0,13 ^N
	20-30	25	10,26	41	2,02	18,51	0,65 ^N
	30-40	24	12,94	45	1,38	24,23	0,48 ^N

CV é coeficiente de variação; SW é a Probabilidade do teste Shapiro Wilk; ^N indica ajuste à distribuição normal.

Analisando o coeficiente de variação (CV), observou-se que, segundo a classificação proposta por Warrick & Nielsen (1980), considerando como valores baixos o CV < 12%, médios para 12% < CV < 60% e altos para CV > 60%, com exceção de pH (baixo), os demais atributos encontram-se no intervalo de 12 a 60%, sendo, portanto, considerados de média variação.

Os teores de N diminuíram com a profundidade. As formulações de nitrogênio ureia, sulfato de amônia, nitrato de potássio e de cálcio usadas para satisfazer a demanda da cultura são muito

solúveis e prontamente absorvidas podendo até exceder o requisitado pelas plantas. No meloeiro Harper o teor de nitrogênio se apresentou muito superior ao valor de referência de acordo com Queiroga et al (2017). O nitrogênio beneficia o crescimento de partes vegetativas das plantas, como folhas e caules, além de exercer efeito no aumento da capacidade fotossintética da planta e de sua capacidade produtiva.

Apesar de apresentar distribuição normal nos seus teores o Na^+ pode apresentar risco em locais do solo principalmente na camada de 30-40 cm onde seus teores representam 26% do Ca^{2+} . Além disso, os teores de Na^+ representam 38 % dos de Mg^{2+} na profundidade de 20-40 cm. O manejo da irrigação é prática fundamental para evitar o acúmulo desse nutriente.

Segundo Bohn et al. (1985), têm-se a seguinte classificação de solos afetados por sais, solos normais $\text{CE} < 2$, $\text{PST} < 15$ $\text{pH} < 8,5$; solos salinos $\text{CE} > 2$, $\text{PST} < 15$ $\text{pH} < 8,5$; solos sódicos $\text{CE} < 2$, $\text{PST} > 15$ $\text{pH} > 8,5$ e solos salino-sódicos $\text{CE} > 2$, $\text{PST} > 15$ $\text{pH} < 8,5$. Os valores médios de CEes variaram de 0,36 a 0,59 dS m^{-1} , sendo estes semelhantes aos encontrados por Resende et al. (2014), onde, avaliando a distribuição espacial e lixiviação natural de sais em solos do Perímetro Irrigado Califórnia/SE, encontraram valores médios de CEes, variando de 0,47 a 1,10 dS m^{-1} , demonstrando que o solo foi caracterizado como normal quanto a problema da salinidade. Diante disso, o solo analisado, em todas as profundidades, foi classificado em normal, visto que os valores encontrados para CEes, foram menores que 2 dS m^{-1} , para a PST valores menores que 15% e o pH com valores menores que 8,5.

No recorrente aos resultados de pH, pode-se observar que variou de 6,44 a 6,64 aumentando com a profundidade com uma pequena diferença na camada de 10-20 cm. Portanto, no geral, os valores médios de pH ficaram próximos a neutralidade ou moderadamente alcalinos. De acordo com a EMBRAPA (2018), o pH 6, seria o valor ideal, visto que nessas condições não há problemas com a indisponibilidade de micronutrientes e não apresenta níveis de toxidez por alumínio, por exemplo. Os altos valores de pH, podem estar relacionados, provavelmente, à influência da formação geológica do Calcário Jandaíra, que segundo Melo et al. (2017), apresenta estratos com rochas básicas ricas em carbonatos, o que permite fornecer quantidades significativas de cálcio e magnésio.

Os teores de P, variaram dentro das camadas, isto pode ter ocorrido devido a espacialidade das amostras coletadas dentro das áreas e, também, tal variação, possivelmente, pode estar atrelada a adubação química a base de fósforo que é realizada 100 % na fundação por ocasião do plantio do melão, sendo usadas formulações mais e menos solúveis possibilitando o seu acúmulo na zona de absorção das raízes, entorno dos 20 cm de profundidade. Logo, as maiores concentrações desse elemento químico, foram encontradas na camada superficial (0-20 cm), se comparadas com as camadas mais subsuperficiais do solo (20-40 cm). Resultado semelhantes

foram encontrados por Silveira et al. (2010), onde, avaliando os atributos químicos em diferentes sistemas de cobertura, encontraram maiores teores de P, na camada de 10-20 cm de profundidade. Rossi et al. (2020) enaltecem a importância da matéria orgânica e de óxidos pela maior adsorção de P até 20 cm de profundidade corroborando com os dados dessa pesquisa.

Diante dos resultados de K^+ , pode-se observar que houve um decréscimo desse elemento em profundidade, sendo os valores mais altos encontrados, em sua maioria, na camada mais superficial (0-10 cm) do solo. Dados encontrados para K^+ , por Silveira et al. (2010), corroboraram com os valores desse trabalho, onde ocorreu decréscimo desse elemento em profundidade. O menor valor de K^+ , encontrado para esse estudo, foi de $0,36 \text{ cmol.dm}^3$ ou $138,90 \text{ mg.dm}^{-3}$ (30-40 cm), o que espera-se ser parte resultante do processo de lixiviação.

Já para os resultados referente aos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} , pode-se observar resultados opostos ao encontrado para o K^+ , onde apresentaram os maiores valores desses elementos em profundidade. Isto, provavelmente, se deu devido as características dos solos da região (calcário).

No que tange aos teores de Na^+ , ocorreu um aumento com a profundidade das camadas analisadas, chegando a $960,98 \text{ mg dm}^{-3}$, o que pode-se, possivelmente, ter se dado devido a referida área estar sob uso e/ou manejo agrícola em dez anos sucessivos, não ter um alto controle no manejo da irrigação e na adubação da cultura, não dando importância a análise do solo e demanda nutricional da cultura e nem tão pouco a análise foliar, permitindo a acumulação, mostrando que, se não tomada as devidas medidas de manejo essa área poderá no futuro comprometer a produção de melão. Segundo Gheyi (2000), os solos salinos são facilmente identificados em condições naturais, pois é possível a observância de uma crosta branca, na superfície do solo, e por encontrarem-se normalmente floculados, devido à presença de sais em excesso, o que foi constatado em alguns pontos da área produtiva coletiva.

O Percentual de Sódio Trocável (PST), variou de 6,09 a 12,94% nas camadas analisadas. Os menores percentuais de sódio trocáveis podem ser observados na profundidade de 0-10 cm, com valores de 6,09 %. Por outro lado, na camada de 30-40 cm, apresentou os maiores valores de PST, isso pode estar relacionado, provavelmente, ao acúmulo de sais devido a lixiviação pelo manejo da irrigação. Holanda & Amorim (1992), citam que, elevados valores de PST, sobretudo sob condições de baixa salinidade, causam a dispersão de partículas do solo com redução na condutividade hidráulica do mesmo. Os valores de percentagem de sódio trocável (PST), obtidos por Primo et al. (2018), avaliando o potencial fertilizante da serapilheira da Caatinga na recuperação de um solo degradado, foram semelhantes aos valores encontrados nesse trabalho. Segundo Van de Graaf & Paterson (2001) solos com PST acima de 6% podem apresentar problemas de estabilidade estrutural. Sinal de alerta ligado portanto, já que os valores

superaram essa média nas camadas de 10 a 40 cm.

De acordo com a Tabela 3, houve correlação negativa do pH (6,48 a 6,64) na camada abaixo de 20 cm com número de frutos de primeira. O pH mais alto nesta camada diminuiu o número de frutos de primeira, não sendo bom para a qualidade dos frutos e proporcionou efeito negativo sobre a produção de frutos de primeira. Portanto, contribuiu com a produção de frutos de primeira nas regiões do campo com esse intervalo de pH. Esse parâmetro é o único com efeito na regressão dessa variável. Por outro lado, o pH do solo na camada de 0-20 cm proporcionou correlação positiva sobre a produção de frutos de segunda. Nesse caso, foram produzidos mais frutos de segunda nessas regiões do campo com profundidade de 0-20 cm.

Sobre o teor de P na camada de 20-40 cm (Tabela 3) verificou correlação positiva, com efeito positivo para aumentar o peso de frutos de primeira. O P tem efeito positivo sobre o número e peso de frutos (Santos et al., 2014) e sua deficiência gera frutos pequenos e de qualidade inferior (Crisóstomo et al., 2002). Esse efeito também foi observado na regressão. Na camada 20-40 cm com correlação negativa, seu efeito reduziu a produção de frutos de primeira. Ou seja, essa produção foi menor nas regiões do campo com menores teores de P na camada de 20-40 cm. A explicação seria que o aumento no número de frutos causou redução no peso deles.

Com relação a porcentagem de sódio trocável – PST houve uma correlação positiva em todas as camadas sobre número de frutos e produção de segunda. O PST na camada de 30-40 cm apresentou efeito na regressão.

Tabela 3: Correlações de Pearson entre variáveis de produção do melão e atributos químicos do solo, Sítio Lagoa, Upanema/RN, 2021.

	NFPRI	NFSEG	NFTOT	PESPRI	PESSEG	PROPRI	PROSEG	PROTOT
pH0-10	-	0,44*	0,36 ⁺	-	-	-	0,46*	-
pH20-30	-0,50*	-	-	-	-	-0,39*	-	-
pH30-40	-0,51*	-	-	-	-	-0,43*	-	-
pH0-20	-	-	-	-	-	-	0,36 ⁺	-
pH20-40	-0,53**	-	-	-	-	-0,42*	-	-
P20-30	-	-0,36 ⁺	-	-	-	-	-	-
P30-40	-0,49*	-	-	0,35 ⁺	-	-	-	-
P20-40	0,34 ⁺	-	-	-	-	-0,42*	-	-
K0-10	-	-	0,36 ⁺	-	-	-	-	-
K20-30	-	0,44*	0,42*	-	-	-	-	-
K30-40	0,48*	-	0,47*	-	-	0,45*	0,37 ⁺	0,50*
K20-40	-0,35 ⁺	0,47*	0,46*	-	-	-	0,43*	0,40*
Na0-10	-	0,56**	0,42*	-	-	-	0,49*	-
Na10-20	-	-	-	0,43*	-	-	-	-
Na0-20	-	0,51*	-	-	-	-	0,46*	-
Na20-30	-	0,37 ⁺	-	-	-	-	-	-
Na30-40	-	0,69**	0,46*	-	-	0,45*	0,62**	0,51*
Na20-40	-	0,58**	-	-	-	-	0,54**	-
Ca0+10	0,36 ⁺	0,34 ⁺	0,36 ⁺	-	-	-	-	-
Ca10-20	-	-	0,38*	-	-	-	-	0,37*
Ca20-30	-	-	0,35 ⁺	-	-	-	-	0,37 ⁺
Ca0-20	0,36 ⁺	0,36 ⁺	0,42*	-	-	-	-	0,36 ⁺

Ca30-40	0,49*	-	-	-	-	-	-	-
Ca20-40	0,44*	-	-	-	-	-	-	-
Mg0-10	0,37 ⁺	0,34 ⁺	-	-0,56**	-	-	-	-
Mg10-20	-	0,44*	-	-	-	-	0,40*	-
Mg0-20	-	0,48*	-	-0,45*	-	-	0,38*	-
Mg30-40	-	-	0,39*	-	-	0,38*	-	-
CTC0-10	0,39*	0,48*	0,34	-0,35 ⁺	-0,34 ⁺	-	-	-
CTC10-20	-	0,46*	0,39*	-	-	-	0,43*	-
CTC20-30	-	0,35 ⁺	-	-	-	-	-	-
CTC0-20	-	0,53**	0,42*	-	-	-	0,44*	-
CTC20-40	-	0,34 ⁺	-	-	-	-	-	-
PST0-10	-	0,55**	0,43*	-	-	-	0,49*	-
PST0-20	-	0,43*	-	-	-	-	0,39*	-
PST20-30	-	0,45*	-	-	-	-	0,41*	-
PST30-40	-	0,61**	0,42*	-	-0,40*	-	0,51*	-
PST20-40	-0,37*	0,54**	-	-	-	-	0,51*	-

* significativo ($p < 0,05$); ** significativo ($p < 0,01$); ⁺ significativo ($p < 0,1$)

Analisando os outros atributos químicos (Tabela 4) observa-se correlação positiva do teor de K na camada de 30-40 cm com número de frutos de primeira. Esse mesmo teor apresentou o maior efeito na regressão. Maior número de frutos de primeira com maior teor de K⁺ na camada de 30-40 cm. Correlação positiva do teor de K⁺ em todas as camadas sobre o número de frutos de segunda. Esses efeitos são bem notados na regressão desta variável. Maior teor de K⁺ em todas as camadas aumentou o número de frutos de segunda. O teor de K⁺ em todas as profundidades apresentou correlação positiva, ou seja, seu efeito foi de aumentar o número total de frutos. Houve um bom efeito desse nutriente na regressão. O teor de K⁺ na camada de 30-40 cm proporcionou correlação positiva, sobre a produção de frutos de primeira. O efeito também foi observado por meio da regressão. O teor de K⁺ na camada de 20-40 cm proporcionou efeito positivo sobre a produção total de frutos. O seu efeito foi forte na regressão. Em síntese, o K⁺ contribuiu em todos as variáveis de produção analisadas.

Houve correlação positiva do teor de Ca²⁺ em todas as camadas com número de frutos de primeira. Maior número de frutos de primeira com maior teor de Ca²⁺. Correlação positiva do teor de Ca²⁺ principalmente na camada de 0 a 20 cm sobre número de frutos de segunda. Esses efeitos foram bons na regressão (Tabela 4). Maior número de frutos de segunda devido ao maior teor de Ca na camada de 0 a 20 cm. O teor de Ca²⁺ na profundidade de 0-20 cm apresentou correlação positiva, ou seja, seu efeito foi positivo para aumentar o número total de frutos de primeira. Esse teor na camada de 0-10 cm mostrou bom efeito na regressão. O teor de Ca²⁺ nas camadas 0-20 cm apresentou correlação positiva com produção total de frutos, com bom efeito na regressão.

O teor de Mg²⁺ nas camadas de 0-10 e de 0-20 cm promoveu correlação negativa, ou seja, seu efeito foi negativo para diminuir o peso de frutos de primeira. Esse efeito foi grande na regressão (Tabela 4). Na camada de 30-40 cm proporcionou correlação positiva, com efeito positivo sobre a produção de frutos de primeira. Já nas camadas de 0-20 cm apresentou

correlação positiva com produção de frutos de segunda. O seu efeito foi grande na regressão.

Na camada de 10-20 cm o Na⁺ teve correlação positiva, ou seja, seu efeito foi positivo para aumentar o peso de frutos de primeira. Esse efeito também foi observado na regressão (Tabela 4). Na camada de 30-40 cm apresentou correlação positiva, ou seja, proporcionou efeito positivo sobre a produção de frutos de primeira. Nas camadas 0-20 cm apresentou correlação positiva com produção de frutos de segunda. O efeito foi grande na regressão. Na camada 30-40 cm mostrou correlação positiva com produção total de frutos. O seu efeito foi grande na regressão.

Tabela 4: Análise de regressão múltiplas das variáveis de produção com os parâmetros químicos do solo - incluídas as variáveis com p<0,10 na correlação.

NÚMERO DE FRUTOS DE PRIMEIRA				
GLresíduo = 16		NSmodelo = 0,017		
Modelo	Estimativa parâmetro	R ² parcial	R ² modelo	NS
Constante	1,388	-	-	0,2512
K ₃₀₋₄₀	0,014	0,308	0,3084	0,0071
Mg ₀₋₁₀	0,131	0,091	0,3990	0,14
NÚMERO DE FRUTOS DE SEGUNDA				
GLresíduo = 8		NSmodelo < 0,0001		
Modelo	Estimativa parâmetro	R ² parcial	R ² modelo	NS
Constante	-2,06451	-	-	0,1486
CTC ₀₋₁₀	0,13651	0,2579	0,2579	<0,0001
Ca ₀₋₂₀	-0,21590	0,1394	0,3973	<0,0001
K ₂₀₋₃₀	0,02386	0,1540	0,5513	<0,0001
Na ₂₀₋₄₀	-0,00565	0,1498	0,7947	<0,0001
PST ₃₀₋₄₀	0,31044	0,0302	0,9267	<0,0001
K ₂₀₋₄₀	-0,02919	0,0198	0,9465	0,0005
pH ₀₋₁₀	0,57500	0,0192	0,9556	0,0235
Na ₀₋₂₀	0,00133	0,0154	0,9710	0,0257
NÚMERO DE FRUTOS TOTAL				
GLresíduo = 13		NSmodelo < 0,0001		
Modelo	Estimativa parâmetro	R ² parcial	R ² modelo	NS
Constante	-22,09751	-	-	0,0010
CTC ₁₀₋₂₀	0,27046	0,2541	0,2541	<0,0001
K ₂₀₋₄₀	0,01943	0,2739	0,5280	0,0001
pH ₀₋₁₀	3,20871	0,2046	0,7326	0,0013
Ca ₀₋₁₀	-0,21839	0,1069	0,8395	0,0114
PESO DE FRUTOS DE PRIMEIRA				
GLresíduo = 19		NSmodelo = 0,0017		
Modelo	Estimativa parâmetro	R ² parcial	R ² modelo	NS
Constante	2,08443	-	-	<0,0001
Mg ₀₋₁₀	-0,03876	0,3199	0,3199	0,0059
Na ₁₀₋₂₀	0,00030835	0,1600	0,4799	0,0199
P ₃₀₋₄₀	0,00669	0,0623	0,5422	0,1242
PESO DE FRUTOS DE SEGUNDA				
GLresíduo = 21		NSmodelo = 0,0258		
Modelo	Estimativa parâmetro	R ² parcial	R ² modelo	NS
Constante	1,41623	-	-	<0,0001
CTC ₀₋₁₀	-0,01463	0,1857	0,1857	0,0784
PST ₃₀₋₄₀	-0,01098	0,1084	0,2941	0,0870
PRODUÇÃO DE FRUTOS DE PRIMEIRA				
GLresíduo = 19		NSmodelo = 0,1481		
Modelo	Estimativa parâmetro	R ² parcial	R ² modelo	NS
Constante	69,04852	-	-	0,0378
pH ₃₀₋₄₀	-7,03818	0,1068	0,1068	0,1481
PRODUÇÃO DE FRUTOS DE SEGUNDA				
GLresíduo = 13		NSmodelo = 0,0020		

Modelo	Estimativa parâmetro	R ² parcial	R ² modelo	NS
Constante	-5,98139	-	-	0,0675
PST ₀₋₁₀	1,80647	0,3610	0,3610	0,0003
Na ₀₋₁₀	-0,02197	0,2026	0,5636	0,0035
K ₂₀₋₄₀	0,02058	0,0677	0,6313	0,0384
Mg ₀₋₂₀	0,37984	0,0733	0,7046	0,0957
PRODUÇÃO TOTAL DE FRUTOS				
GLresíduo = 19		NSmodelo = 0.0140		
Modelo	Estimativa parâmetro	R ² parcial	R ² modelo	NS
Constante	8,77337	-	-	0,1292
K ₃₀₋₄₀	0,06649	0,2556	0,2556	0,0208
Ca ₀₋₂₀	0,59222	0,1061	0,3618	0,0915

GL é graus de liberdade/ NS é nível de significância.

Correlação positiva da CTC em todas as camadas sobre número de frutos de segunda. Esse parâmetro apresentou o maior efeito na regressão. A maior CTC causou maior número de frutos de segunda, ou seja, prejudicou qualidade de frutos. A CTC principalmente na camada de 0-20 cm apresentou correlação positiva, ou seja, seu efeito foi positivo para aumentar o número total de frutos. Esse teor na camada de 10-20 cm apresentou bom efeito na regressão (Tabela 4). A CTC na camada de 0-10 cm apresentou correlação negativa, ou seja, seu efeito foi negativo para diminuir o peso de frutos de primeira. A CTC na camada de 0-10 cm apresentou correlação negativa, ou seja, seu efeito foi negativo para diminuir o peso de frutos de segunda. Esse atributo apresentou bom efeito na regressão. A CTC do solo nas camadas 0-20 cm apresentou correlação positiva com produção de frutos de segunda. Segundo Sivritepe et al., (2003) elevadas concentrações de sais no solo e na água ocasionam modificações morfológicas, estruturais e metabólicas em melão, inibem o desenvolvimento, reduzindo a porcentagem de massa seca nas plantas, no tamanho dos frutos e rendimento.

O maior teor de PST contribuiu com o maior número de frutos de segunda, ou seja, prejudicou qualidade de frutos. Na camada de 30-40 cm a PST apresentou correlação negativa, ou seja, seu efeito foi negativo para diminuir o peso de frutos de segunda. Esse atributo apresentou bom efeito na regressão (Tabela 4). Em todas as profundidades houve correlação positiva com produção de frutos de segunda. Dentre os parâmetros analisados tem-se a PST que causou o maior na regressão (Tabela 4).

4.2 Variáveis de qualidades do fruto

A Tabela 5 apresenta os valores médios das características de qualidade, os quais, para firmeza de polpa (FIRME) de 28,42 N encontrada é adequada, de acordo com Filgueiras et al., (2000) resistindo ao manuseio, transporte e armazenamento, que devem estar entre 24 e 40 N. Medeiros et al. (2011) chegaram ao valor de 25,85 N em cantaloupe, considerado pelos autores como nível ótimo para comercialização. A firmeza é um atributo relevante para a exportação

de frutos, pois, com o aumento do amadurecimento, ocorre redução da mesma, o que torna os frutos mais susceptíveis aos danos mecânicos (Santos et al., 2015).

Tabela 5 - Estatística descritiva das características de qualidade do melão cultivado em Vertissolo, Sítio Lagoa, Upanema-RN, 2021.

Variável	Nº	Média	CV (%)	Mínimo	Máximo	SW
APEXT	24	4.53	8	4.00	5.00	0,05
IFF	24	1.11	3	1.05	1,17	0,44 ^N
EM	24	32,53	7	26,67	36,33	0,59 ^N
FIRME	24	28,42	7	26,60	31,34	0,30 ^N
pH	24	5,61	3	5,22	5,89	0,20 ^N
SST	24	8,18	6	7,13	8,83	0,14 ^N
ACIDEZ	25	0,10	13	0,08	0,12	0,43 ^N

CV é coeficiente de variação; SW é a Probabilidade do teste Shapiro Wilk; ^N indica ajuste à distribuição normal. APEXT é o índice de aparência externa; IFF é índice de formato do fruto; EM é espessura do mesocarpo (mm); FIRME é firmeza de polpa em newtons; SST é sólidos solúveis totais (%).

Os teores médios de conteúdo de sólidos solúveis totais (SST) de 8,18 % estão abaixo dos padrões que, para melões amarelos tipo exportação, é de 10 a 12%, (Filgueiras et al., 2000). A redução na concentração dos elementos formadores de açúcares, em razão da maior disponibilidade de água na planta e, portanto, nos frutos foi descrita por Araújo et al. (2010), onde verificaram diminuição no teor de sólidos solúveis em frutos de meloeiro cantaloupe em função do aumento da quantidade de água na irrigação. Esse resultado pode ser atribuído a necessidade de antecipação da colheita pelo agricultor influenciada pela exigência do comércio.

Os valores médios e mínimos observados indicam que a área apresentou quantidade significativa de frutos abaixo dos teores aceitáveis para melões. Comercialmente, segundo Medeiros et al. (2011) frutos de melão com SST entre 12 e 15 % são considerados de excelente qualidade e teores ao redor de 9% são considerados aceitáveis. Na região de Mossoró-RN esses mesmos autores obtiveram valores de SST para melão amarelo Cantaloupe, ao redor de 10% e 12%. A amplitude dos parâmetros de qualidade, obtidos neste trabalho, indica a existência de regiões no campo com frutos fora dos padrões aceitos no mercado, possivelmente devido a antecipação da colheita a pedido dos compradores não sendo possível a aplicação do estresse hídrico ou redução da lâmina de água na semana que antecede a colheita.

Os frutos apresentaram médias de espessura de polpa (EM) de 32,53 mm (Tabela 5), não obtendo os 40,5 cm obtidos por Miranda (2005) com melões amarelos e próximo dos 39,0 mm com o melão orange flesh por Miranda et al. (2008). A importância da maior espessura de polpa é que a cavidade das sementes é menor, tornando os frutos mais resistentes ao manuseio e transporte (Paiva et al., 2000). Quanto ao coeficiente de variação obtido, de 7,0 %, que caracteriza baixa variabilidade, foi semelhante aos obtidos por Miranda (2005). Silva et al.

(2014) avaliando as características produtivas e qualitativas do melão Cantaloupe híbrido Rafael sob doses de nitrogênio e potássio evidenciaram espessura da polpa de 31,83 mm, semelhante ao encontrado nessa pesquisa.

Os resultados médios das características de qualidade do melão avaliadas, apesar da tendência de demonstrarem a baixa variabilidade, a ocorrência de regiões no campo com produtos de baixa qualidade pode causar redução considerável na receita das famílias. Esses resultados corroboram com os apresentados por Miranda et al. (2008).

Na Tabela 6 encontram-se várias correlações entre os atributos químicos do solo com as variáveis dos frutos, quais sejam: aparência externa (APEXT), índice de formato do fruto (IFF), espessura do mesocarpo (EM), firmeza de polpa (FIRME), potencial hidrogeniônico (pH), sólido solúveis totais (SST) e acidez. Observa-se que os teores de N no solo de 0-10 cm e de 10-20 cm apresentaram correlação negativa com acidez dos frutos. O teor de N na camada de 0-20 cm apresentou correlação positiva com IFF. O teor de N diminuiu com a profundidade (Artigo 1) e o seu teor na camada de 20-30 cm correlacionou de forma negativa com EM. Da mesma forma na camada de 30-40 cm com a acidez. Já na camada de 20-40 cm apresentou correlação positiva com SST. Ao que parece, o efeito do nitrogênio sobre o teor de sólidos solúveis de frutos do meloeiro é dependente do efeito que o nitrogênio pode promover sobre outras características da planta, por exemplo área foliar, promovendo incremento no teor de sólidos solúveis, conforme verificado por Monteiro e Mexia (1988).

Observa-se que o teor de matéria orgânica do solo na camada de 30-40 cm exerceu alta correlação negativa com IFF e positiva com SST, possivelmente liberando nutrientes ao solo através da sua mineralização influenciada pela prática da capina manual que auxilia na incorporação de restos de cultura, aumentando a CTC e liberação de nutrientes ao solo (Freire et al. 2010). Considerando a camada de 20-40 cm a correlação da MOS foi negativa com IFF. Para essas duas variáveis esses resultados foram confirmados pelas regressões (Tabela 7). Existem parâmetros de avaliação para classificação qualitativa do fruto de melão e um deles são os sólidos solúveis. O Teor de sólido solúveis, expresso em °brix é usado como índice de classificação de melão (Carmo et al., 2017).

Tabela 6. Correlações de Pearson entre variáveis de qualidade do melão e atributos químicos do solo, Sítio Lagoa, Upanema/RN, 2021.

	APEXT	IFF	EM (mm)	FIRME (Newton)	pH	SST (°Brix)	ACIDEZ (g.100ml)
N 0-10	-	-	-	-	-	-	-0,34+
N 10-20	-	-	-	-	-	-	-0,39+
N 0-20	-	0,40*	-	-	-	-	-
N 20-30	-	-	-0,38+	-	-	-	-
N 30-40	-	-	-	-	-	-	-0,41*
N 20-40	-	-	-0,44*	-	-	0,41*	-

pH 0-10	-	-	0,36+	-	-	-	-
CE 20-30	-	-	0,39+	-	-	-	-
MO 30-40	-	0,60**	-	-	-	0,41*	-
MO 20-40	-	0,48*	-	-	-	-	-
P 0-10	-	-	-	-	-	-	0,58**
P 10-20	-	-	-	-	-	-	0,62**
P 0-20	-	-	-	-	-	-	0,64**
P 20-30	-	-	-	-	-	-	0,50**
P 30-40	-	-	0,43*	-	-	-	0,45*
P 20-40	-	-	0,39+	-	-	-	0,54**
K 0-10	-	-	-	-	-	-	-0,45*
K 0-20	-	-	-	-	-	-	-0,37+
K 20-30	-	0,39+	-	-	-	-	-
K 30-40	-	-	-	-	-0,42*	-	-
K 20-40	-	-	-	-	-0,44*	-	-
Na 10-20	-	-	-	-	-	0,53**	-
Na 20-40	-	-	0,38+	-	-	-	-
Ca 0-10	-	-	-	-	-	-	-0,36+
Ca 20-30	0,41*	-	-0,52*	-	-	-	-
Ca 20-40	0,37+	-	-0,52*	-	-	-	-
Ca 30-40	-	-	-0,46*	-	-	-	-
Mg 20-30	-	0,44*	-	-	-	-	-
Mg 30-40	-	-	-	-0,42*	-0,44*	-	-
Mg 20-40	-	-	-	-0,45*	-	-	-
CTC 0-10	-	-	-	-	-	-	-0,39*
CTC 10-20	-	-	-	-0,35+	-	-	-
CTC 20-30	-	-	-	-	-	-	-0,42*
CTC 30-40	-	-	-	-0,36+	-0,36+	-	-
CTC 20-40	-	-	-	-0,37+	-	-	-0,36+
PST 10-20	-	0,47*	-	-	-	0,41*	-

* significativo ($p < 0,05$); ** significativo ($p < 0,01$); + significativo ($p < 0,1$)

O teor de P no solo em todas as camadas apresentou correlações positivas com a acidez dos frutos e comprovada na regressão (Tabela 7). Enquanto que os teores de P abaixo de 20 cm se correlacionaram positivamente com EM (Tabela 6). Essa mesma variável teve a correlação do P confirmada na regressão. Esse comportamento pode ser relacionado ao aumento da disponibilidade do P, favorecida pelo aumento do pH e da matéria orgânica do solo nessa profundidade, conforme ressalta Anjos et al. (2015).

Os teores de K^+ nas camadas de 0-20 cm apresentaram correlação negativa com a acidez dos frutos. Enquanto que os teores de K^+ nas camadas de 20-40 cm apresentaram correlação negativa com o pH dos frutos. Essa correlação também foi confirmada pela regressão. Especificamente na camada de 20-30 cm o teor de K^+ correlacionou de forma positiva com IFF. Essa correlação foi confirmada pela regressão (Tabela 7). Essas correlações podem indicar ocorrência nos locais com maior disponibilidade do K^+ trocável e onde seus teores tendiam a se equilibrar com os de Ca^{2+} condicionando maior resistência aos frutos (Miranda et al., 2008).

O teor de Ca^{2+} na camada de 0-10 cm apresentou correlação negativa com a acidez. Nas camadas abaixo de 20 cm o Ca^{2+} apresentou correlação positiva com APEXT. Esse teor foi o

único fator na regressão desta variável. Esse resultado se assemelha com os encontrados por Silva et al. (2014) no qual o teor de Ca^{2+} influenciou a qualidade dos frutos de melão devido à sua função na estrutura das células, melhorando a textura e proporcionando frutos firmes e consistentes. Já o seu excesso pode trazer problemas na qualidade dos frutos pela indisponibilidades dos cátions monovalentes, conforme apresentado nas camadas abaixo de 20 cm onde apresentou correlação negativa com EM e apresentou efeito importante na regressão.

O teor de Mg^{2+} nas camadas abaixo de 20 cm apresentou correlação positiva com índice de formato do fruto, mas mostrou correlações negativas com firmeza e com o pH dos frutos. Essas correlações foram confirmadas pelas regressões. A relação Na^+ com Ca^{2+} e Mg^{2+} indica que o excesso de Na^+ pode ter prejudicado a absorção desses cátions e conseqüentemente com a firmeza dos frutos, resultado semelhantes foram identificados por Miranda et al. (2008) com o melão Orange Flesh.

Observa-se informações bastantes importantes no que diz respeito a contribuição do Na com o índice de formato do fruto e com o resultado dos sólidos solúveis totais. O SST revelou boa correlação com teor de Na^+ na camada de 10-20 cm e essa correlação foi confirmada pela regressão, que influencia no teor de açúcares nos frutos de melão, atuando no carregamento e descarregamento da sacarose do floema para os frutos. Como também na camada de 20-40 cm com correlação positiva com EM, sendo o fator mais importante na regressão (Tabela 7). Essa influência positiva envolvendo o Na^+ pode ser devida a redução da predominância no solo em alguns pontos dos cátions divalentes Ca^{2+} e Mg^{2+} retidos mais fortemente do que os monovalentes, conforme Malavolta et al. (1997).

Tabela 7: Análise de Regressão simples das qualidades do melão com variáveis químicas do solo - incluídas as variáveis com $p < 0,10$ na correlação.

APARÊNCIA EXTERNA				
GLresíduo = 21		NSregressão = 0,05		
Modelo	Estimativa parâmetro	R ² parcial	R ² modelo	NS
Constante	3,389	-	-	<0,0001
Ca 20-30	0,074	0,17	0,17	0,05
ACIDEZ				
GLresíduo = 17		NSregressão = 0,0012		
Modelo	Estimativa parâmetro	R ² parcial	R ² modelo	NS
Constante	0,77633	-	-	<0,0001
P 0-20	0,01	0,47	0,47	0,0012
ESPESSURA DO MESOCARPO				
GLresíduo = 16		NSregressão = 0,0002		
Modelo	Estimativa parâmetro	R ² parcial	R ² modelo	NS
Constante	52,241	-	-	<0,0001
N 20-40	-12,81	0,3229	0,3229	0,0003
Ca 20-30	-0,86	0,2060	0,5288	0,0003
N 20-30	6,58	0,1195	0,6484	0,005
P 20-40	-0,135	0,0771	0,7255	0,05
FIRMEZA (newtons)				
GLresíduo = 20		NSmodelo = 0,05		

Modelo	Estimativa parâmetro	R ² parcial	R ² modelo	NS
Constante	33,91	-	-	<0,0001
Mg 20-40	-0,507	0,18	0,18	0,05
ÍNDICE DE FORMATO DO FRUTO				
GLresíduo = 15		NSmodelo = 0,02		
Modelo	Estimativa parâmetro	R ² parcial	R ² modelo	NS
Constante	1,07	-	-	<0,0001
MOS 30-40	-0,002	0,2945	0,2945	0,08
Mg 20-30	0,0068	0,2099	0,5044	0,005
PST 10-20	-0,0038	0,0935	0,5979	0,08
K 20-30	0,0001	0,0554	0,6533	0,14
pH				
GLresíduo = 18		NSmodelo = 0,015		
Modelo	Estimativa parâmetro	R ² parcial	R ² modelo	NS
Constante	6,618	-	-	<0,0001
CTC 30-40	-0,027	0,29	0,29	0,03
K 20-40	-0,0009	0,08	0,37	0,14
SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS				
GLresíduo = 17		NSmodelo = <0,0001		
Modelo	Estimativa parâmetro	R ² parcial	R ² modelo	NS
Constante	7,281	-	-	<0,0001
Na 10-20	0,001	0,3362	0,3362	0,08
MOS 30-40	0,034	0,0938	0,4301	0,11

GL é graus de liberdade/ NS é nível de significância.

Analisando a CTC do solo (Tabela 6) na camada de 0-10 cm apresentou correlação negativa com acidez dos frutos. Na camada de 10-20 cm a CTC apresentou correlação negativa com a firmeza dos frutos. Nas camadas abaixo de 20 cm a CTC do solo apresentou correlação negativa com a acidez, com a firmeza e o pH dos frutos. Esse efeito sobre o pH dos frutos foi comprovado pela regressão (Tabela 7). Isso revela a tendência de uma baixa contribuição das relações catiônicas sobre essas qualidades do melão nessa camada, reforçando a influência de algum desequilíbrio entre os cátions, conforme observado por Miranda et al (2008).

5 CONCLUSÕES

1. Os componentes de produção estão sendo beneficiados pelas variáveis K⁺ e Ca²⁺ e prejudicados pelas variáveis pH e PST.
2. As características de qualidade estão sendo beneficiadas pelas variáveis Ca²⁺, Na⁺ e afetadas pelas variáveis P, MOS e PST.
3. O manejo da adubação e da irrigação está causando grande variação na fertilidade do solo.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na Associação Geraldo Messias – Upanema-RN, os arranjos produtivos desenvolvidos no

processo de produção de cucurbitáceas é gerido pelas famílias beneficiadas que uma vez engajadas na produção trabalham a gestão coletiva nas atividades de plantio, colheita, limpeza e comercialização dos frutos, ficando a cargo da associação a gestão da água e da energia.

Os pontos fortes da Associação de Geraldo Messias são voltados para produção, com ênfase na área da várzea e no seu potencial de solo e água para irrigação e para produção de frutos são bastante favoráveis. O que precisa ser trabalhado melhor é a organização e a união das famílias envolvidas.

Novos estudos devem ser realizados contemplando mais amostras de outras áreas, por exemplo, área pecuária existente na associação e outras culturas exploradas pelas famílias para se obter maiores informações sobre a variabilidade do Vertissolo. Além disso, é importante investigar se há retorno econômico no uso intensivo da irrigação e fertirrigação do meloeiro, pelo fato de análises de solo e de planta, imprescindíveis no processo de aumento da produção das culturas não serem práticas comuns na associação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANJOS, D. C. D., HERNANDEZ, F. F. F., COSTA, J. M. C. D., CABALLERO, S. S. U., & MOREIRA, V. O. G. Fertilidade do solo, crescimento e qualidade de frutos do mamoeiro Tainung sob fertirrigação com potássio. *Revista Ciência Agronômica*, 46, 774-785, 2015.
- ARAÚJO, E.A. KER, J.C. NEVES, J.C.L. LANI, J.L. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. *Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia*, 5: 187-206, 2012.
- BARRETO, N. D. S. Qualidade, compostos bioativos e capacidade antioxidante de frutos de híbridos comerciais de meloeiro cultivados no CE e RN. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Área de concentração: Agricultura Tropical – Universidade Federal Rural do Semiárido. Mossoró- RN, 2011.
- BOHN, H. L.; MCNEAL, B. L.; O`CONNOR, G. A. *Soil chemistry*. 2ª ed. New York: John Wiley & Sons, 1985. 341 p.
- BUEREN, E. T. L. VAN; STRUIK, P. C. Diverse concepts of breeding for nitrogen use efficiency. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, Netherlands, v. 37, n. 5, p. 37-50, 2017.
- CARMO, I. D. S.; FERREIRA, R. D. S.; SOUZA, J. T. A.; FIGUEREDO, L. F.; MEDEIROS, R. D. Produção e qualidade de cultivares de melão em Savana de Boa Vista, Roraima. *Revista Agropecuária Técnica*, v. 38, n. 2, p. 78-83, 2017.
- DAMASCENO, A. P. A. B. Produção, crescimento e marcha de absorção de nutrientes do melão cantaloupe tipo "harper" fertirrigado com doses de N e K. 2011. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semi-Arido, Mossoró, 2011.
- DINIZ, M. T. M.; PEREIRA, V. H. C. *Climatologia do estado do Rio Grande do Norte, Brasil*:

- Sistemas atmosféricos atuantes e mapeamento de tipos de clima. Boletim Goiano de Geografia, v. 35, n.3, p. 488-506, 2015.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistemas de produção de melão. 2010. Disponível em: http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/sistema_producao/spmelao
Acesso em: 05 de fevereiro de 2022.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistemas diferenciados de cultivo. 2018. Disponível em: Acesso em: 05 de outubro de 2021.
- FAO. 2012. FAOSTAT, ProdSTAT-Crops #1.fao.org. Fernandes, A. L. T.; Rodrigues, G. P.; Testezlaf, R. Mineral and an organomineral fertirrigation in relation to quality of greenhouse cultivated melon. ScientiaAgricola, v.60, p.149-157, 2003.
- FARIA C. M. B; FONTES R. R. Nutrição e adubação. In: SILVA, H.R.; COSTA, N.D. Melão: Produção Aspectos técnicos. Brasília: Embrapa Hortaliças, Embrapa Semi-Árido. p.40-50, 2003.
- FREIRE, J. de L. et al. Deposição e composição química de serrapilheira em um bosque de sabiá. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 39, n. 8, p. 1650-1658, 2010.
- FILGUEIRAS, H.A.C.; MENEZES, J.B.; ALVES, R.E.; COSTA, F.V.; PEREIRA, L.S.E.; GANESHAMURTHY, A. N.; SATISHA, G. C.; PATIL, P. Potassium Nutrition on yield and quality of fruit crops with special emphasis on banana and grapes. Karnataka Journal of Agricultural Science, Cambridge, v. 24, n. 1, p. 29-38, 2011.
- GENÚNCIO, G. C. Crescimento e produção do tomateiro em sistemas de cultivo a campo, hidropônico e fertirrigado, sob diferentes doses de nitrogênio e potássio. 2009. 131f. Tese (Doutorado em ciência do solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2009.
- GOMES JR., J. Colheita e manuseio pós-colheita. In: ALVES, R.E.(organizador). Melão. Pós-Colheita. Brasília: EMBRAPA, 2000. p.23-41.
- GHEYI, H.R. Problemas de salinidade na agricultura irrigada. In: Oliveira et al. (Orgs.). Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido. Fortaleza: UFS/SBCS, 2000. p.123-145.
- HOLANDA, J. S.; AMORIM, J. R. A. Qualidade da água para irrigação. EMPARN/EMBRAPA, EMPARN, Natal, RN. 1992.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Culturas Temporárias e Permanentes. 43. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2016. 64 p.
- KANEKO, F. H.; HERNANDEZ, F. B. T.; SHIMADA, M. M.; FERREIRA, J. P. Estudo de caso - Análise econômica da fertirrigação e adubação tratorizada em pivôs centrais considerando a cultura do milho. Revista Agrarian, Dourados, v. 5, n. 161, p. 161-165, 2012.
- KANO, et al. Acúmulo de nutrientes pelo meloeiro rendilhado cultivado em ambiente protegido. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 31, suplemento 1, p. 1155-1164, 2010.
- MARINHO, Ana Cecília da Costa Sinclair. Matéria orgânica e atributos físico-químicos de um

Cambissolo submetido a diferentes usos agrícolas e manejo do solo no semiárido da Chapada do Apodi-RN. 2014.

- MELO, A. F. D.; SOUZA, C. M. M., REGO, L. G. S.; LIMA, R. N. S.; MOURA, I. N. B. M. Pedogênese de Chernossolos derivados de diferentes materiais de origem no Rio Grande do Norte, Brasil. *Agropecuária Científica no Semiárido*, v.13, n.3, p.229-235, 2017.
- MIRANDA, N. O., MEDEIROS, J. F., NASCIMENTO, I. B., ALVES, L. P. Produtividade e qualidade de frutos de melão em resposta à cobertura do solo com plástico preto e ao preparo do solo. *Horticultura Brasileira*, 21, 490-493, 2003.
- MIRANDA, N.O.; OLIVEIRA, T.S.; LEVIEN, S.L.A.; SOUZA, E.R. Variabilidade espacial da qualidade de frutos de melão em áreas fertirrigadas. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.23, n.2, p.242-249, abr-jun 2005.
- MIRANDA, Neyton de Oliveira; MEDEIROS, José F. de; LEVIEN, Sérgio Luiz A. Relações entre cátions trocáveis do solo e suas correlações com a qualidade de frutos de melão. *Horticultura Brasileira*, v. 26, p. 271-275, 2008.
- MEDEIROS, J. F.; DUARTE, S. R.; FERNANDES, P. D.; DA SILVA DIAS. N.; GHEYI, H. R. Produção e qualidade de melão cantaloupe cultivado com água de diferentes níveis de salinidade. *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 24, n. 1, p. 92-98, 2011.
- MONTEIRO, A. A.; MEXIA, J. T. Influência da poda e do número de frutos por planta na qualidade dos frutos e produtividade do melão. 1988.
- NATALE, W.; PRADO, R. M.; MÔRO, F. V. Alterações anatômicas induzidas pelo cálcio na parede celular de frutos de goiabeira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.40, n.12, 2005.
- NEVES, L. S.; ERNANI, P. R.; SIMONETE, M. A. Mobilidade de potássio em solos decorrente da adição de doses de cloreto de potássio. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 25-32, 2009.
- OLIVEIRA, Jean Carlos Dantas de. Alimentação da Ictiofauna do Reservatório de Umari, Upanema/RN, Brasil / Jean Carlos Dantas de Oliveira – Mossoró, RN, 2015. (Dissertação de Mestrado).
- PAIVA, W.O.; SABRY NETO, H.; LOPES, A.G.S. Avaliação de linhagens de melão. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.18, n.2, p-109-113, 2000.
- PAIVA, W.O.; LIMA, J.A.A.; PINHEIRO NETO, L.G.; RAMOS, N.F.; VIEIRA, F.C. Melão tupã: produtividade, qualidade do fruto e resistência a viroses. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.21, n.3, p-539-544, 2003.
- PAULA, J. A. de A.; CARDOSO, E. de A.; SOUSA, R. P.; ASSIS, J. P. de. Análise agrônômica e econômica do cultivo de melão (*Cucumis melo*, L.) conduzido na região semiárida do nordeste brasileiro. *Enciclopédia Biosfera*, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.14, n.26; p. 2017.
- PAULA, J. A. A.; MEDEIROS, J. F.; MIRANDA, N. O.; OLIVEIRA, F. A.; LIMA, C. J. G. S. Metodologia para determinação das necessidade nutricionais de melão e melancia. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 15, n. 9, p. 911-916, 2011.

- PRIMO, A. A.; MELO, M. D.; PEREIRA, G. A. C.; Silva, L. A.; Fernandes, F. É. P.; Souza, H. A. Potencial fertilizante da serapilheira de espécies lenhosas da Caatinga na recuperação de um solo degradado. *Revista Ceres*, vol. 65, 2018, p. 74-84.
- QUEIROGA, F. M. de.; OLIVEIRA¹, F. H. T. de.; SILVA, G. F. da.; COSTA, W. P. L. B. da.; SOUZA FILHO, A. L. Comparação de fontes de fertilizantes n-p- k utilizadas na fertirrigação do meloeiro. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada* v.12, nº.1, p. 2260 - 2270, 2018.
- QUEIROZ, J.E.; CRUCIANI, D. E.; LIBARDI, P. L. Variabilidade espacial da porosidade drenável de um solo de várzea, no município de Piracicaba, estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.3, n.2, p.135-139, 1999.
- RESENDE, R. S.; AMORIM, J. R. A.; CRUZ, M. A. S. ; MENESES, T. N. Distribuição espacial e lixiviação natural de sais em solos do Perímetro Irrigado Califórnia, em Sergipe. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.18, (Suplemento), p.S46–S52, 2014.
- RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G. & ALVAREZ V., H.V. Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª Aproximação. Viçosa, MG, Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – CFSEMG, 1999. 359p.
- ROSSI, A. C. M.; KUSANO, D. M.; LOES, F. S.; SILVA, M. A. C. da. Distribuição vertical de fósforo no solo proveniente do superfosfato triplo. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 10, 2020.
- SANTOS, E. R.; SALGADO, F. H. M.; CERQUEIRA, A. P.; PEREIRA, P. R.; NASCIMENTO, I. R. Produção de pepino tipo conserva em função de doses de fósforo. *Revista Nucleus*, v.11, p.403-408, 2014.
- SEMARH. Secretária de Recursos Hídricos e Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Norte. Disponível em:< <http://www.semarh.rn.gov.br/> >. 2013.
- SILVA, M. de C.; SILVA, T. J. A. Da.; SILVA, E. M. B.; FARIAS, L. do N. Características produtivas e qualitativas de melão rendilhado adubado com nitrogênio e potássio. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* v.18, n.6, p.581–587, 2014.
- SILVEIRA, P. M.; CUNHA, P. C. R.; STONE, L. F.; SANTOS, G. G. Atributos químicos de solo cultivado com diferentes culturas de cobertura. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia-GO, v. 40, n. 3, p. 283-290, 2010.
- SIVRITEPE, Nuray; SIVRITEPE, H. Özkan; ERIŞ, Atilla. The effects of NaCl priming on salt tolerance in melon seedlings grown under saline conditions. 2003.
- SOUZA, Higor da Costa Ximenes de. Produção de haplóides de melão (*Cucumis melo*) por meio de cruzamento interespecífico entre melão e outras espécies da família Cucurbitaceae. 2017. 54f. Monografia (Graduação em Agronomia)-Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA G. K.; WENCESLAU, A. F.; TEIXEIRA, G. Manual de Métodos de Análise de Solo. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2017, 573 p.

VERAS, Talysson Tales Gurgel. A evolução do desempenho das exportações agrícolas brasileiras destacando a contribuição da fruticultura e a produção do melão no Rio Grande do Norte no período de 1997 a 2017. 2019. 38f. Monografia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2019.

WARRICK, A.W. & NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D., ed. Applications of soil physics. New York, Academic Press, 1980. p.319-344.