

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA SOCIEDADE E DESENVOLVIMENTO REGIONAL  
LICENCIATURA EM GEOGRAFIA

ALLANA FERREIRA FAUSTINO DE SOUZA

**ANÁLISES DE PROPRIEDADES QUÍMICAS E FÍSICAS DE SOLOS AGRÍCOLAS  
DE SÃO JOÃO DA BARRA – RJ**

Campos dos Goytacazes  
2018

ALLANA FERREIRA FAUSTINO DE SOUZA

**ANÁLISES DE PROPRIEDADES QUÍMICAS E FÍSICAS DE SOLOS AGRÍCOLAS  
DE SÃO JOÃO DA BARRA – RJ**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Licenciatura em Geografia, como requisito parcial para conclusão do curso. Área de concentração: Geografia Física.

Orientador (a) (es):  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Sandra Fernandes de Andrade

Campos dos Goytacazes  
2018

ALLANA FERREIRA FAUSTINO DE SOUZA

**ANÁLISES DE PROPRIEDADES QUÍMICAS E FÍSICAS DE SOLOS AGRÍCOLAS  
DE SÃO JOÃO DA BARRA – RJ**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Licenciatura em Geografia, como requisito parcial para conclusão do curso. Área de concentração: Geografia Física.

Aprovada \_\_\_\_\_ em \_\_\_\_\_ de 2018.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Sandra Fernandes de Andrade - UFF

---

Prof. Dr. Thiago Pinto da Silva - UFF

---

Prof. Dr. Eduardo Manuel Rosa Bulhões - UFF

Campos dos Goytacazes  
2018

Ficha catalográfica automática - SDC/BUCG

S719a Souza, Allana Ferreira Faustino de  
ANÁLISES DE PROPRIEDADES QUÍMICAS E FÍSICAS DE SOLOS  
AGRÍCOLAS DE SÃO JOÃO DA BARRA ? RJ / Allana Ferreira Faustino  
de Souza ; Sandra Fernandes de Andrade, orientadora. Campos  
dos Goytacazes, 2018.  
61 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) -  
Universidade Federal Fluminense, Instituto de Ciências da  
Sociedade e Desenvolvimento Regional, Campos dos Goytacazes,  
2018.

1. Geografia Física. 2. Pedologia. 3. Análises de solos.  
4. Fertilidade. 5. Produção intelectual. I. Título II.  
Andrade, Sandra Fernandes de, orientadora. III. Universidade  
Federal Fluminense. Instituto de Ciências da Sociedade e  
Desenvolvimento Regional. Departamento Geografia.

CDD -

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Cirlânia e Francisco, agradeço eternamente por todo carinho e dedicação para a realização dos meus estudos e para a conclusão desta etapa.

Aos meus familiares, principalmente meus irmãos, Livia e Allan, e minha tia Alessandra, por toda motivação e colaboração.

A professora Dr<sup>a</sup>. Sandra Fernandes, por todos os ensinamentos, conselhos e paciência que contribuíram para realização deste trabalho, para minha aprendizagem e que, com certeza, acrescentou bastante na minha formação.

A professora Ma. Anniele Freitas, pelo incentivo para minha decisão de me dedicar à Geografia Física.

A professora Dr<sup>a</sup>. Marisa Valladares, pelos exemplos de aulas que pude receber durante algumas disciplinas do curso e pelos ensinamentos que levarei para a vida inteira.

A professora Dr<sup>a</sup>. Camilah Zappes e a professora Ma. Raquel Paes, pela contribuição em compartilhar informações dos agricultores de São João da Barra.

Aos agricultores, Jair e Magno, por me receberem com toda atenção em suas propriedades agrícolas e contribuírem com muito apoio para a realização desta pesquisa.

Ao meu amigo, Bruno Tapajós, por todas as conversas filosóficas que tivemos desde a primeira semana de aula e que viraram rotineiras na amizade, agradeço pela ajuda na realização do trabalho de campo e por toda contribuição que recebi quando solicitei.

Ao meu amigo Victor Nerys, pela parceria que tivemos, sempre com o intuito de ajuda mútua nas aulas, nos estágios e durante o PIBID.

A Gabriela Rodrigues e Caroline Basto, pela ajuda na realização do segundo trabalho de campo.

A todos meus amigos que estiveram comigo durante o curso, que motivaram e contribuíram de alguma forma.

Ao Programa de Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência que foi de grande importância para a minha formação.

Aos professores da banca, Dr. Thiago Silva e Dr. Eduardo Bulhões, por aceitarem o convite para a avaliação do meu trabalho.

Muito obrigada!

## RESUMO

O solo é um importante recurso natural, que desempenha o papel de reservatório de nutrientes, um solo fértil pode fornecer elementos nutritivos essenciais para o desenvolvimento das plantas, entre outras funções. A área de estudo é pertencente ao município de São João da Barra (RJ) (21° 38' 24" S 41° 3' 3" W), situado na Região Norte Fluminense, influenciado pelo domínio de faixa litorânea. O trabalho teve como objetivo realizar análises químicas e física de solos agrícolas de São João da Barra, através das variáveis de pH *in situ* e análises laboratoriais, como pH em água, acidez potencial (H+Al), CTC (T), CTC efetiva (t), soma das bases (SB), matéria orgânica (MO), saturação das bases (V%), saturação por alumínio (m), salinidade e granulometria. Utilizou-se metodologia quantitativa, com método exploratório e descritivo. A análise exploratória do conjunto de dados de pH *in situ* (com cultivo de abacaxi, em uma propriedade), após as retiradas dos *outliers*, concentrou-se dentro da classificação de acidez fraca e neutralidade. Já na análise laboratorial indicou valores ácidos de pH em água, alto e médio de H+Al, baixos e médios entre as demais variáveis químicas analisadas. A granulometria analisada indicou os solos como arenosos, nas duas propriedades. Sobre a salinidade, obteve-se o percentual de sódio e pH que indicaram a concentração baixa de sais no solo e sem efeito nocivo às plantas. Pode-se concluir que os solos analisados são ácidos e de baixa fertilidade devido ao próprio ambiente e possuem necessidades de técnicas de manejo para serem adotadas.

**Palavras-chave:** Análise de solo; Fertilidade; Manejo do solo.

## ABSTRACT

Soil is an important natural resource, which plays the important role of reservoir of nutrients, a fertile soil can provide nutrients essential for the development of plants, among other functions. The study area belongs to the municipality of (21 ° 38 '24 "S 41 ° 3' 3" W), located in the Northern Fluminense Region, influenced by the coastal domain. The objective of this work was to perform chemical and physical analyzes of the agricultural soils of São João da Barra, through *in situ* pH and laboratory analyzes, such as pH in water, potential acidity (H + Al), CTC (T), effective CTC (t), sum of bases (SB), organic matter (OM), base saturation (V%), saturation by aluminum (m), salinity and granulometry. Quantitative methodology was used, with an exploratory and descriptive method. The exploratory analysis of the *in situ* pH data set (with pineapple cultivation, on a property), after the withdrawals from the *outliers*, was concentrated within the classification of weak acidity and neutrality. Already in the laboratory analysis indicated acid values of pH in water, high and medium H + Al, low and medium among the other chemical variables analyzed. The granulometry analyzed indicated the soils as sandy, in the two properties. About salinity, the percentage of sodium and pH that indicated the low concentration of salts in the soil and without no harmful effect to the plants were obtained. It can be concluded that the analyzed soils are acidic and of low fertility due to the environment itself and have needs of management techniques to be adopted.

**Keywords:** Soil analysis; Fertility; Soil management.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Crescimento das plantas em função da concentração do micronutriente nos tecidos..	15
Figura 2. Variação do pH do solo.....	17
Figura 3. Relação entre disponibilidade de elementos e o pH do solo.....	18
Figura 4. Triângulo de classe textural .....	27
Figura 5. Mapa da área de estudos.....	31
Figura 6. Imagem de satélite da propriedade referente a localidade de Sabonete, destacada com o polígono em vermelho.....	32
Figura 7. Imagem de satélite da propriedade referente a localidade de Água Preta, destacada com o polígono vermelho.....	32
Figura 8. Cultura de abacaxi em Água Preta (P1) .....	35
Figura 9. Cultura de maracujá em Sabonete (P2) .....	36
Figura 10. Cultura de melancia em Sabonete (P2) .....	36
Figura 11. Fluxograma das etapas da pesquisa.....	37
Figura 12. Divisão do terreno para a coleta de amostragem e procedimento de coleta de solo (0-20cm) em ziguezague.....	39
Figura 13. Histograma de frequência de valores de pH coletados em campo.....	43
Figura 14. Gráfico de probabilidade normal para a variável pH <i>in situ</i> .....	44
Figura 15. Gráfico de Box-Plot para os valores de pH <i>in situ</i> .....	45
Figura 16. Triângulo de classificação textural do solo da propriedade 1 em Água Preta.....	52
Figura 17. Triângulo de Classificação textural do solo da propriedade 2 em Sabonete.....	53



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Elementos de nutrição da planta.....	15
Quadro 2. Classificação e granulométrica quanto ao diâmetro das partículas.....	19
Quadro 3. Classe de acidez do solo para pH em água.....	19
Quadro 4. Classe de interpretação para a acidez potencial (H + Al) .....	20
Quadro 5. Classe de interpretação da soma das bases.....	21
Quadro 6. Classe de interpretação da CTC total a pH 7.....	22
Quadro 7. Classes de interpretação da CTC efetiva.....	23
Quadro 8. Classes de interpretação para saturação por base.....	23
Quadro 9. Classe de interpretação para matéria orgânica.....	24
Quadro 10. Classe de interpretação para a saturação por alumínio.....	25
Quadro 11. Tabela de classes de interpretação para concentração sais.....	26
Quadro 12. Valores estatísticos encontrados.....	26
Quadro 13. Resultado da análise química.....	46
Quadro 14. Características das culturas observadas de acordo com a Embrapa .....	47
Quadro 15. Resultado da análise física (Granulometria).....	51

## SUMÁRIO

<b>1.Introdução.....</b>	<b>11</b>
<b>2. Base Conceitual.....</b>	<b>12</b>
<b>2.1 Geografia e Pedologia.....</b>	<b>12</b>
<b>2.2 Importância do recurso solo.....</b>	<b>13</b>
<b>2.3 Algumas propriedades químicas e físicas.....</b>	<b>16</b>
2.3.1 Propriedade Química: pH, acidez potencial (H+Al), CTC (T), CTC (t) efetiva, soma das bases (SB), matéria orgânica (MO), saturação das bases (V%), saturação por alumínio (m) e salinidade.....	16
2.3.2 Propriedade Física: granulometria.....	26
<b>3. Objetivo Geral e Objetivos Específicos.....</b>	<b>28</b>
<b>4. Justificativa.....</b>	<b>28</b>
<b>5. Materiais e Métodos.....</b>	<b>29</b>
<b>5.1 Área de estudo.....</b>	<b>29</b>
<b>5.2 Etapas da pesquisa.....</b>	<b>36</b>
5.2.1 Levantamento Bibliográfico.....	38
5.2.2 Trabalho de Campo.....	38
5.2.3 Análise laboratorial.....	39
5.2.4 Análise exploratória dos dados.....	42
<b>6. Resultados e Discussão.....</b>	<b>42</b>
<b>6.1 Análises químicas dos solos.....</b>	<b>42</b>
<b>6.2 Análise Física dos solos.....</b>	<b>51</b>
<b>7. Conclusão.....</b>	<b>54</b>
<b>8. Referências.....</b>	<b>56</b>

## 1. Introdução

Os conhecimentos sobre o recurso solo vêm se formulando desde as primeiras civilizações, a partir do momento que o homem passou a dominar as técnicas de cultivos agrícolas de subsistência (MC. KENZIE e WINIWARTER, 2004). Com a sociedade atual, as demandas pelas informações sobre o recurso solo têm se intensificado, o que fez surgir novas áreas de interesse, como: qualidade do solo e do ambiente, reconhecimento dos processos de degradação e estudos sobre a poluição do solo (CATEN, 2008).

A variabilidade espacial das propriedades físicas e químicas do solo tem origem desde a sua formação e permanece atuante, mesmo após atingirem estado de equilíbrio dinâmico (CAVALCANTE, 2007). O solo quando exposto a certo tipo de degradação, possui suas características físicas, químicas e biológicas alteradas (PEDROTTI et al., 2015). Essas modificações estão relacionadas em grande parte com as interferências das atividades antrópicas sobre o solo (KOBİYANA et al., 2001).

Segundo Cooper (2008) a degradação do solo também afeta diretamente a produção agrícola e ao ambiente, resultando em certa instabilidade social e política sobre o mesmo, por reduzir áreas de remanescentes florestais e intensificar a exploração de terras com uso de produtos químicos. No Brasil, a maioria dos solos são considerados ácidos e não possuem reservas de nutrientes suficientes para sustentar altas produções, dessa forma, as atividades agrícolas recorrem ao uso excessivo do solo com o apoio da aplicação de insumos, como fertilizantes e corretivos, para eliminar as limitações químicas dos solos e atender às exigências nutricionais das culturas (BERNARDI, 2005).

O conhecimento das propriedades químicas estruturadas no solo é de relevância para o levantamento das questões ligadas a qualidade do solo para agricultura, por informarem sobre as condições do solo em relação a acidez, toxicidade, fertilidade, processos hidrológicos na superfície e o manejo de práticas agrícolas adequadas para o mesmo (BRANDÃO e LIMA, 2002; SOUZA et al, 2004). Em relação aos conhecimentos da granulometria do solo, têm suas importâncias específicas relacionadas à textura do solo, ao fluxo superficial, movimento de água no interior do solo e a presença de cobertura vegetal, portanto, são fontes que estão interligadas também com a disponibilidade dos elementos de nutrição da planta, ou seja, fertilidade do solo (MELLO et al., 2006).

Segundo Tomé Jr. (1997), o excesso de sais no solo e na zona radicular também afeta a fertilidade do solo e, conseqüentemente, o desenvolvimento do vegetal. Adentro do presente estudo, estão organizados conhecimentos de autores ligados à ciência do solo como Lepch

(2011), Brady (2013) e Foth (1990) e autores referentes aos elementos de nutrição e fertilidade do solo como Malavolta (1980), Rajj (1981) e Fernandes (2006).

O município de São João da Barra está situado na Região Norte do Estado do Rio de Janeiro e possui um destaque por uma forte produção agrícola (abacaxi, maxixe, quiabo e outros) (MANSUR, 2004; ANDRADE, 2016), através da atividade de agricultura familiar, com a utilização de práticas tradicionais em suas produções, desenvolvidas através da adubação orgânica e química, além de práticas voltadas para conservação do solo, como rotação de plantio (MANSUR, 2004; ZAPPES e PAES, 2016).

De acordo com o estudo realizado por Burla et al (2005), os agricultores de São João da Barra argumentam sobre a qualidade e a baixa fertilidade do solo afetarem negativamente em suas produções. Cerca de 53% dos agricultores entrevistados argumentaram ter problemas no processo produtivo que chegaram a ocasionar perdas e quedas da produção

A partir dessa problemática relacionada ao solo agrícola, esta pesquisa levantou algumas hipóteses que podem estar relacionadas com alterações das propriedades do solo e de sua qualidade: interferência geomorfológica e hidrogeográfica da área, por ser um ambiente costeiro arenoso e com presença de corpos d'água fluvial; manejo inadequado; interferência da instalação do Complexo Industrial Portuário do Açú (CLIPA). A importância da pesquisa é justificada por extrair informações sobre os solos de São João da Barra, já que o município tem uma grande relação com a atividade agrícola. Segundo o IBGE, o município se posiciona como o segundo maior produtor de abacaxi e obteve um dos maiores PIB *per capita* do Estado, em 2015. O conhecimento da dinâmica do recurso solo local contribui para o manejo agrícola apropriado e para a conservação do solo.

Logo, o presente trabalho teve como objetivo analisar propriedades químicas de fertilidade do solo (pH, acidez potencial, Capacidade de Troca Catiônica - CTC, CTC efetiva, soma das bases, matéria orgânica, saturação das bases, saturação por alumínio e salinidade) e física (granulometria) encontradas em solos agrícolas no município.

## **2. Base Conceitual**

### **2.1 Geografia e Pedologia**

Para Conti (2001), a geografia tem como objetivo próprio a compreensão dos processos de interação que são desenvolvidos sobre a sociedade e a natureza, produzidos em um arranjo espacial e expressos através da paisagem que, desde então, resultam no espaço

geográfico. Este último é considerado por Dolfuss (CONTI, 2001) como um suporte de sistemas resultante das relações dinâmicas entre o meio físico e as ações da sociedade sobre ele, que variam de acordo com o desenvolvimento de cada sociedade.

Os estudos sobre pedologia são carregados de um intrínseco caráter geográfico por estabelecerem a paisagem como categoria geográfica mais expressiva para essa conexão (NAKASHIMA et al., 2017). Segundo Ab'Sáber (2003), a paisagem é uma herança de toda relação que ocorre no espaço, uma “herança de processos fisiográficos e biológicos e patrimônio coletivo de povos que historicamente as herdaram como território de atuação de suas comunidades” (AB'SÁBER, 2003. p.9). Dessa maneira, sobre a relação solo-paisagem, é possível identificar diferentes comportamentos dos atributos dos solos em diferentes seções da paisagem (MONTANARI et al, 2005; CAMPOS, 2012).

Um exemplo considerado representativo e particular dessa possibilidade de interação – pedologia, geografia e paisagem – são os estudos pedológicos no campo da Geografia Moderna na Rússia, a partir das contribuições das pesquisas de V.V. Dokuchaev, no século XIX (FROLOVA, 2006). Assim, ao entender a gênese do solo, as propriedades físicas e químicas, as possibilidades e o manejo de uso do solo, resulta a entender toda a pedosfera como correlacionada as diversas outras esferas geográficas (atmosfera, biosfera, hidrosfera, litosfera e antroposfera) dentro de um sistema de evolução (BERTRAND, 2004). Portanto, a pedologia é considerada como um ramo natural da geografia, com sua metodologia e procedimentos científicos próprios (NAKASHIMA et al., 2017).

## ***2.2 Importância do recurso solo***

Os conhecimentos sobre o solo ganharam importância quando o homem passou a utilizar o solo para a produção de alimentos, deixando de ser nômade e deu início as atividades da agricultura há cerca de 7.000 anos a. C na Mesopotâmia e há cerca de 6.500 anos a.C. no México. Desde então, o entendimento do solo não parou de se desenvolver e ser valorizado para a humanidade (MCKENZIE e WINIWARTER, 2004; MEURER, 2004). Por isso, os conhecimentos do passado são importantes registros para tratar das questões atuais que envolvem o solo (YAALON, 2000), fazem surgir novas áreas de interesse ligadas a fertilidade e manejo do solo, como: qualidade do solo e do ambiente, reconhecimento dos processos de degradação, de arenização e estudos sobre a poluição do solo (CATEN, 2008).

A primeira definição de solo no campo da ciência foi elaborada no século XIX, pelo geógrafo Vasily Dokuchaev (JENNY, 1994) como horizontes de rochas que possuíam

diariamente relações e influências do ar, da água e dos organismos (JARAMILLO, 2002). O solo passou a ser estudado como material que evolui com o tempo, através das ações dos fatores ativos como clima, topografia e biosfera. Segundo Lepsch (2011) as interpretações de Dokuchaev, realizadas em trabalhos de campo (Ucrânia e Gorki), foram identificados distintos perfis de solo, oriundos de rochas idênticas, mas sobre climas diferente, e identificações de camadas semelhantes em perfis de solo, que mesmo separados por uma vasta distância, estavam sobre condições climáticas e de vegetação semelhantes.

Com as contribuições de Dokuchaev no século XIX, foram considerados os seguintes fatores principais que são atribuídos para a formação do solo: material de origem, clima, organismos, relevo e tempo (BRADY, 2013). Segundo Jenny (1994), esses atributos de fatores de formação do solo quando somados formam uma equação que registra às características formadoras das propriedades do solo, de maneira que cada fator possui suas próprias variações. O entendimento dos fatores atuantes na formação do solo e das propriedades do solo (cor, textura, porosidade, pH, CTC...), favorecem assim, a compreensão do solo na paisagem e sua classificação (RESENDE, 2007).

Para Lepsch (2010), o solo funciona como mediador entre a hidrosfera, atmosfera, litosfera e biosfera, devido ao fato da pedosfera, camada externa da superfície terrestre sujeita aos fatores de formação do solo, interferir também, além da influência no desenvolvimento e fornecimento de vegetais, na qualidade da água e do ar. Uma outra definição que tem o solo como um recurso natural, de acordo com a abordagem da ciência do solo, é conceito desenvolvido pelo Soil Survey Manual (LEPSH, 2011), é visto como um agrupamento de corpos naturais que abrange parte da superfície terrestre e com suas propriedades oriundas da integralização do clima junto aos organismos vivos, atuando ao longo do desenvolvimento do material de origem e condicionado pelo relevo por um determinado período de tempo.

A participação do solo como fixador e fornecedor de nutrientes para os vegetais, por meio de suas raízes, faz a planta retirar desse reservatório natural dezesseis elementos químicos essenciais para o seu desenvolvimento (MALAVOLTA, 1980). Segundo Fernandes (2006), esses elementos - representados na quadro 1 - são absorvidos de maneira diferente, seis deles são extraídos com maior quantidade e são denominados como macronutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio, cálcio e enxofre), os outros dez elementos também são considerados essenciais, porém são extraídos em quantidades pequenas e denominados como micronutrientes (boro, cobre, cloro, ferro, molibdênio, manganês, níquel, cobalto, zinco e sódio).

**Quadro 1. Elementos de nutrição da planta**

Orgânicos	Minerais	
	Macronutrientes	Micronutrientes
Carbono (C), Hidrogênio (H) e Oxigênio (O)	Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S).	Boro (B), Cloro (Cl), Cobalto (Co), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Molibdênio (Mo), Níquel (Ni), Selênio (Se), Silício (Si), Sódio (Na) e Zinco (Zn).

Fonte: (LEITE, 2010)

Importante ressaltar que, de acordo com a “lei do mínimo” desenvolvida pelo químico Liebig, durante a metade do século XIX, todos esses elementos devem estar presentes no solo e de maneira balanceada para que ocorra o bom desenvolvimento da planta (LEPSCH, 2011). Visto que, teores exagerados dos elementos de nutrição podem ocasionar toxidez na planta e impedir seu desenvolvimento (FERNANDES, 2006; ANDRADE, 2010), como pode ser observado na figura 1.

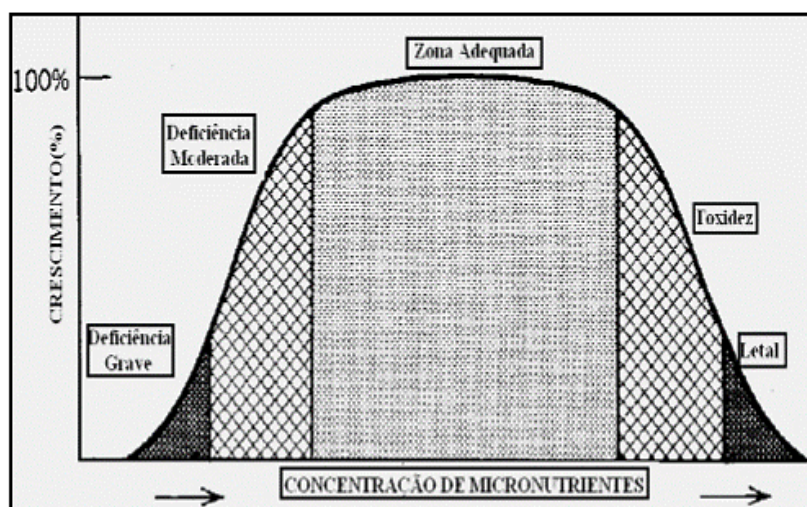


Figura 1. Crescimento das plantas em função da concentração do micronutriente nos tecidos. Fonte: (Stevenson, 1986 apud Andrade, 2010).

### ***2.3 Algumas Propriedades físicas e químicas do solo***

Os conhecimentos associados às partículas coloidais e a forma de agregação -interação entre sólidos, gases e líquidos- como: textura, cor, densidade, porosidade, pH, capacidade de troca catiônica (CTC) e outros, segundo Lepsch (2011), são utilizados para obter previsão sobre o comportamento dos ecossistemas naturais e atividades antrópicas sobre o solo. Possibilitam, também, entender o solo vinculado ao desenvolvimento das plantas e de outros organismos (SANTOS, 2005).

#### ***2.3.1 Propriedades químicas***

##### **pH do solo**

O potencial hidrogênico, conhecido na abreviatura como pH, é uma variável que mede o grau de acidez ou alcalinidade presente no solo, e possui uma grande influência em relação a disponibilidade dos elementos que têm a função de fertilizar as plantas por meio das raízes (FOTH, 1990; BRADY, 2013). Ou seja, a variante pH do solo afeta completamente as propriedades químicas e biológicas presentes no solo, tendo total influência no bom desenvolvimento das espécies ou na produção de certos cultivos de plantas (BRADY, 2013).

A escala de pH para a medição do caráter ácido ou básico, varia entre 0 a 14. Definido de 0 a 6 como ácido, 7 como neutro e 8 a 14 como alcalino (QUAGGIO, 2000). A figura 2 representa a escala de pH de acordo com o nível de acidez ou alcalinidade. Ao levar em consideração a variação do pH, pode-se dizer que os solos ácidos possuem acidez moderada até pH 6,5 e os solos alcalinos possuem uma basicidade média acima do pH 7,5, a neutralidade do solo corresponde ao pH 7 (MALAVOLTA, 1980; FOTH, 1990). O cálculo químico de pH é determinado pelo logaritmo negativo da concentração de íons hidrogênio (Equação 1).

$$\text{Eq. 1 } \text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

As condições de variação do pH estão intrinsecamente relacionadas aos fatores clima e material de origem. O material de origem está a contribuir para os elementos (cátions básicos ou cátions ácidos) disponíveis nos solos oriundos dos minerais presentes da composição do material rochoso que foi intemperizado.



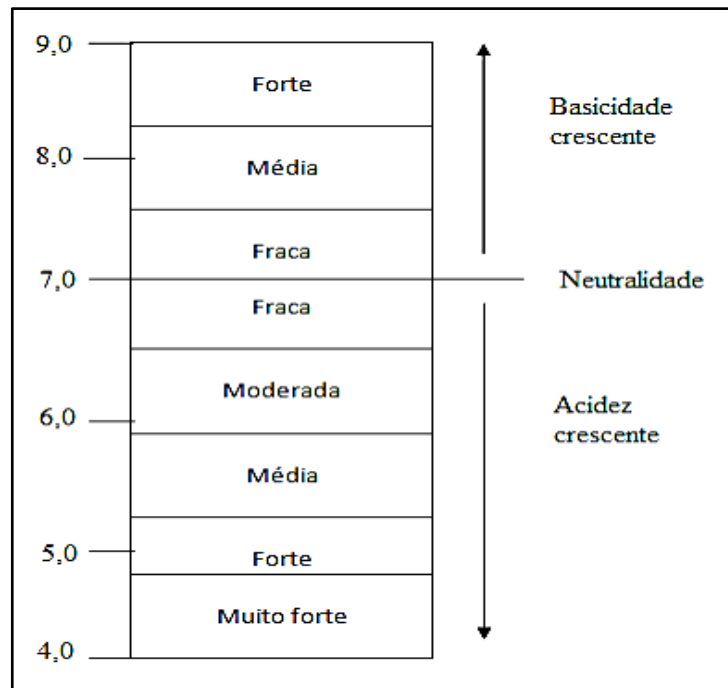


Figura 2. Variação do pH do solo (MALAVOLTA, 1980)

O fator clima tem maior responsabilidade por interferir no potencial hidrogênico através da quantidade pluviométrica do ambiente local. Certos ambientes possuem a precipitação intensa e, em consequência, com a lixiviação dos cátions básicos produzem maiores quantidades de íons de  $H^+$ . Em contraste com as regiões secas, que possuem menores precipitações durante o ano, o que causa uma lixiviação menos intensa, e, por conseguinte, produz menor quantidade de íons  $H^+$  (QUAGGIO, 2000; LEPSCH, 2011). Conclui-se, a partir das considerações de Brady (2013), que a acidez e a alcalinidade são resultantes do percentual entre íons de hidrogênio ( $H^+$ ) e de hidroxila ( $OH^-$ ) no solo, e que os dois processos que mais promovem a acidificação são: produção de íons  $H^+$  e a lixiviação de cátions básicos.

De acordo com Malavolta (1980), existem duas classificações dos efeitos do pH, o direto e o indireto, levando em consideração o pH nivelado ou próximo 6,5 para melhor retenção dos nutrientes e, conseqüentemente, para desenvolvimento e crescimento da planta, como pode ser observado na figura 3.

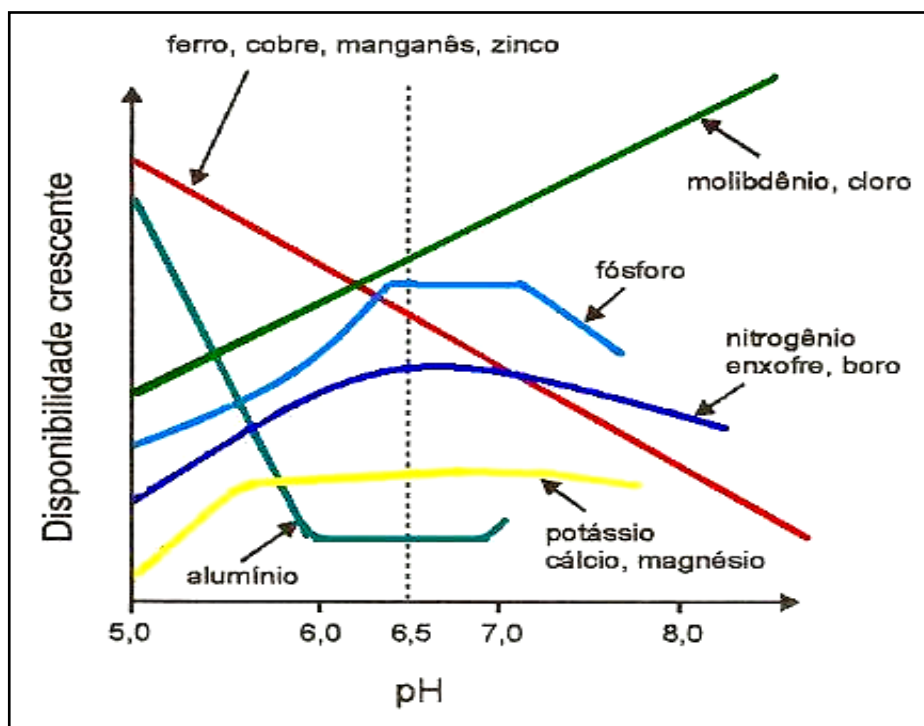


Figura 3. Relação entre disponibilidade de elementos e o pH do solo (MALAVOLTA, 1980)

O efeito direto está relacionado ao resultado da concentração hidrogeniônica diretamente na planta. Já o efeito indireto, a concentração hidrogeniônica está associada a disponibilidade de elementos no solo, a variação na acidez ou alcalinidade está associada com as diferentes disponibilidades dos elementos de nutrição (MALAVOLTA, 1980). Em situação em que o pH está extremamente alto ou baixo, considera-se a adição de elementos ácidos ou alcalinos para a neutralização do pH e a permanência dos elementos de nutrição presentes no solo.

Com a observação da figura 3, percebe-se que valores baixos de pH estão ligados aos elementos alumínio e ferro. Segundo Foth (1990), com valores de pH acima de 5,5 já não existe a presença de alumínio. Já os valores elevados de pH estão relacionados aos cátions básicos, como cálcio, potássio e magnésio, alguns elementos como Zn, Cu, Mn e Fe são sensíveis ao pH alto, sendo mais disponíveis em solos levemente ácidos e, dessa forma, confirma que o pH ideal para as disponibilidades dos nutrientes está entorno de 6,5 (PREZOOTTI, 2013; KETTERINGS et al., 2016).

As determinações de pH do solo são geralmente por soluções com água ou neutra com sal e através da adição do aparelho pHmetro formado por eletrodo, na solução do solo, que identificará o valor de pH (FOTH, 1990). Por isso, possui classificação de pH diferente como mostra a quadro 2. Ao levar em consideração a classificação de acidez do solo por meio do pH,

Alvarez et al. (1999) atenta que, cada cultura possui sua tolerância ou sensibilidade a acidez do solo, sendo um fato de importante consideração na agricultura.

**Quadro 2. Classe de acidez do solo para pH em água.**

<b>Classificação</b>			
<b>Elemento</b>	<b>Elevada</b>	<b>Média</b>	<b>Fraca</b>
<b>pH em água</b>	< 5,0	5,1– 5,9	6,0 – 6,9

Fonte: adaptado Alvarez et al. (1999); SBCS (2004); Andrade (2010); Prezotti (2013)

Contudo, para a adição da calagem, deve-se levar em conta as propriedades químicas desejadas pelas culturas a serem plantadas, já que determinadas espécies de plantas possuem certos parâmetros próprios de tolerância ao pH e outros elementos químicos, como alumínio (BAUMGARTNER et al, 1976). Abaixo estão algumas especificidades da cultura de abacaxi, melancia e maracujá (Quadro 3).

**Quadro 3. Características das culturas observadas de acordo com a Embrapa**

<b>Cultura</b>	<b>Preferência de pH</b>	<b>Preferência da textura do solo</b>	<b>Profundidade das raízes</b>
<b>Abacaxi</b>	O pH ideal para seu cultivo está na faixa de 4,5 a 5,5.	Solos de textura arenosa, com drenagem eficiente.	Concentrado nos primeiros 15 a 20 cm do solo.
<b>Melancia</b>	O pH mais adequado à cultura fica entre 5,0 e 7,0.	Solos de textura média ou arenosa, com drenagem eficiente.	Depende da característica física do solo, pode chegar até 50 cm.
<b>Maracujá</b>	Faixa de pH ideal para a cultura entre 5,0 a 6,0	Solos de textura arenosa e levemente argilosa, com boa drenagem.	As raízes se concentram na camada 0-20 do solo, mas podem atingir 60 cm.

Fonte: Embrapa (1994; 2006; 2007)

### Acidez Potencial (H+Al)

A acidez potencial é determinada pelos íons de  $H^+$  e  $Al^{3+}$  presentes e disponíveis para a capacidade de troca de carga, que ainda não se dissociaram e estão em um certo equilíbrio com a solução do solo (BRADY, 2013; QUAGGIO, 2000). Segundo Pereira et al. (1998) a acidez potencial é oriunda da soma (Equação 2) entre acidez trocável e dos íons de  $H^+$ . De acordo com Ronquim (2010) solos ácidos são comuns em regiões tropicais em que a precipitação pluviométrica é frequente e, portanto, ocasiona a lixiviação dos elementos básicos de nutrição, especificamente  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$ , e são substituídos nos colóides por íons de  $H^+$  causando a acidificação.

$$\text{Eq.2 Acidez potencial} = H^+ + Al^{3+}$$

A acidificação potencial é importante por caracterizar o poder tampão do solo, ou seja, a resistência do solo em alterar o pH, e para a determinação da capacidade de troca catiônica (CTC) a pH 7 (TEXEIRA et al, 2017). Segundo Kiehl (1979), a acidez potencial está correlacionada com os valores de pH, saturação das bases (V%) e matéria orgânica, já que valor alto de acidez potencial pode estar atribuído ao valor baixo de pH e saturação da base, e valor alto de matéria orgânica por conta da elevada concentração de carbono no solo, que proporciona o desenvolvimento da acidez (PREZOTTI, 2013). A quadro 4 a seguir estabelece os valores de classificação da acidez potencial.

**Quadro 4. Classe de interpretação para a acidez potencial (H + Al).**

Classificação				
Elemento	Unidade	Baixo	Médio	Alto
$H^+ + Al^{3+}$	$cmol_c dm^3$	< 2,5	2,5 – 5,0	> 5,0

Fonte: (PREZOTTI, 2013)

### Soma das bases (SB)

A soma das bases é definida através da extração da concentração dos cátions de cálcio, magnésio, potássio e sódio no solo (Equação 3) (LOPES, 1998). De acordo com Prezotti (2013), para o resultado da soma das bases é preciso que todos elementos estejam na mesma unidade ( $cmol_c dm^3$ ).

$$\text{Eq. 3 SB} = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+$$

Os cátions trocáveis, movem-se livremente na solução, sendo impedidos apenas pela atração elétrica e sujeitos a troca catiônica em relação a superfície (RAIJ, 1981). Valores altos da classificação da soma de bases estão relacionados a maior condição de fertilidade do solo (BRITO, 2010). As classes de interpretação da soma das bases estão no quadro 5 a seguir.

**Quadro 5. Classe de interpretação da soma das bases.**

Classificação				
Elemento	Unidade	Baixo	Médio	Alto
Soma das bases	cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup>	< 2,5	2,5 – 6,0	> 6,0

Fonte: adaptada de ALVAREZ et al. (1999); PREZOTTI (2013).

### CTC total (T)

A capacidade de troca catiônica total (T) é uma variável que corresponde às quantidades de cátions permutáveis (Al<sup>3+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, H<sup>+</sup>) que podem ser trocados nos colóides do solo (KETTERINGS et al., 2016). Em outras palavras a CTC é constituída por uma reação de duas trocas que envolve íons adsorvidos na superfície de uma fase sólida e os em solução (KIEHL, 1979). Segundo Prezotti (2013), a CTC é uma variável importante para o entendimento da potência de produtividade do solo, por indicar a quantidade e carga negativa que o solo apresentaria a pH 7, e adsorver os principais cátions trocáveis (KIEHL, 1979).

Portanto, se a maior parte dos coloides forem ocupados por esses cátions básicos essenciais (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e K<sup>+</sup>), pode-se dizer que o solo possui um teor considerado como bom de nutrição para as plantas e, por outro lado, se estiver ocupado grande quantidade de Al<sup>3+</sup> e H<sup>+</sup>, o solo estará com uma certa deficiência em relação à nutrição (RONQUIM, 2010). Para Camargo et al (1982), a extração do valor da CTC pode ocorrer de maneira direta por método de saturação do complexo de troca, com um cátion-índice em pH 7,0 e, em seguida, com extração e determinação da CTC. E de maneira indireta, através da soma das bases trocáveis com a acidez potencial, com a observação de que todos valores devem estar na mesma unidade (cmol<sub>c</sub> dm<sup>3</sup>), formando a equação 4 abaixo:

$$\text{Eq.4 CTC (T)} = \text{SB} + (\text{H}^+ + \text{Al}^{3+})$$

Segundo Kiehl (1979) e Foth (1990), a CTC do solo apresenta correlação com a presença da matéria orgânica no solo e a fração de argila, quanto maior for as grandezas desses dois elementos no solo, a CTC também será maior, isso acontece pelo fato da matéria orgânica disponibilizar cátions trocáveis e os minerais de argila funcionarem na retenção desses cátions

aos coloides do solo, através da coesão. De acordo com Prezotti (2013), as regiões de clima temperado geralmente apresentam maiores valores de CTC em relação aos solos de regiões tropicais, devido à mineralogia com menor intemperização e aos teores mais elevados de matéria orgânica proporcionada por baixas temperaturas. No Brasil, os solos são mais intemperizados devido às variações dinâmicas do clima tropical, que consequentemente afetam CTC do solo com baixos valores. Já que, a CTC também tem influência do pH, essa interferência será de acordo com a presença de minerais de argila ocupados pelos cátions por conta do pH (LOPES, 1998). Com CTC total classificada no quadro 6, entende-se que solos com o baixo valor de CTC (<4,5) apresentam baixo poder tampão e, portanto, apresentam baixa resistência na modificação do pH. Já os solos com o valor da CTC entre 10 cmol<sub>c</sub> dm<sup>3</sup> ou valor maior, geralmente possuem elevado poder tampão do solo e maior resistência na modificação no pH do solo. As mudanças dos valores da CTC de acordo com os valores de pH do solo são importantes na gestão intensiva solos acidificados e ácidos nas regiões tropicais o porquê da CTC geralmente baixa é natural desses solos (FOTH, 1990).

**Quadro 6. Classe de interpretação da CTC total a pH 7.**

Classificação						
Elemento	Unidade	Muito Baixo	Baixo	Médio	Bom	Muito Bom
CTC pH 7	cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup>	<1,60	1,61 - 4,30	4,31 - 8,60	8,61-15,00	> 15,00

Fonte: (ALVAREZ et al, 1999)

### CTC efetiva (t)

A CTC efetiva é definida como a capacidade de retenção de cátions trocáveis no valor de pH atual do solo, sem considerar o H<sup>+</sup> (QUAGGIO, 2000), calculada pela equação 5 abaixo:

$$\text{Eq. 5 CTC (t)} = \text{SB} + \text{Al}^{3+}$$

Segundo Bortoluzzi et al. (2009), a CTC efetiva do solo se distingue da CTC total por ser extraída em solução não tamponada e considerando o pH natural do solo, o contrário acontece com CTC total que passa por um processo de extração com solução tamponada em um determinado pH. Segundo Ronquim (2010), a interpretação do resultado da CTC efetiva (Quadro 7) também se distingue da CTC total, como por exemplo, um solo rico em matéria orgânica pode apresentar altos valores de CTC total, mas, se o pH for baixo, tenderá a apresentar baixo valor de CTC efetiva, isso ocorre devido ao pH atual do solo.

**Quadro 7. Classes de interpretação da CTC efetiva.**

Classificação				
Elemento	Unidade	Baixo	Médio	Alto
CTC efetiva	cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup>	< 2,5	2,5 – 6,0	> 6,0

Fonte: (ALVAREZ et al, 1999; PREZOTTI, 2013).

### Saturação por base (V %)

Segundo Premazzi e Mattos (2002), a saturação por base é entendida como o total de cargas negativas que estão ocupadas pelos cátions básicos, representada pela equação 6 a seguir:

$$\text{Eq. 6 } V \% = \text{SB/T} \times 100$$

De acordo com Raij (1968), o pH do solo apresenta correlação com o valor de saturação por base, à medida que a saturação por base aumenta o pH do solo também tende a se elevar. Dessa maneira, a saturação por base também influencia na diminuição da acidez potencial do solo (PREZOTTI, 2013). A saturação por base é uma variável importante para a determinação da necessidade de calagem (RAIJ, 1981), sua classificação está representada a seguir no quadro 8.

**Quadro 8. Classes de interpretação para saturação por base.**

Classificação						
Elemento	Unidade	Muito Baixo	Baixo	Médio	Bom	Muito Bom
V	%	<20,0	20,1 – 40,0	40,1 – 60,0	60,1- 80,0	> 80,0

Fonte: (ALVAREZ et al, 1999); (ANDRADE, 2010)

### Matéria Orgânica (MO)

Na superfície do solo, nos primeiros 30 cm de profundidade, é o local onde ocorre o teor mais elevado de matéria orgânica e a maior atividade biológica, portanto, é nesta camada de solo (horizonte A) que recai a maior atividade agrícola, com grande influência na fertilidade do solo (FERNANDES, 2016). A matéria orgânica do solo consiste na presença da biomassa de plantas, animais e microrganismos, resíduos vegetais e em decomposição mistura amorfa e

complexa de substâncias orgânicas (KIEHL, 1979; RAIJ, 1981). A matéria orgânica adiciona ao solo dois elementos químicos importantes, o carbono e o nitrogênio, além de outros como o fósforo (RAIJ, 1981). Outra importância da relacionada a matéria orgânica, está voltada a estrutura e agregação de partículas, conferindo ao solo maior capacidade de retenção de água e nutrientes (LEPSCH, 1981). O valor da matéria orgânica no solo é calculado pela quantidade de carbono encontrada em porcentagem e multiplicado pelo fato 10 ou 1,72<sup>1</sup> equação 7 a seguir (Teixeira, 2017):

$$\text{Eq. 7 MO} = \text{C} \times 10 \text{ ou } 1,72$$

O teor da matéria orgânica também pode ser atribuído às propriedades químicas, como o aumento da CTC e da retenção de alumínio (FERNANDES, 2016; ZAMBROSI et al., 2007). Segundo Brady (2013), a grande quantidade de matéria orgânica no solo tende a acidificá-lo por dois motivos: matéria orgânica reage com os cátions não ácidos, facilitando sua perda por lixiviação e, também, a matéria orgânica possui grupos ácidos facilitando a dissociação dos íons H<sup>+</sup>. A classificação da matéria orgânica do solo é verificada no quadro 9.

**Quadro 9. Classe de interpretação para matéria orgânica.**

Classificação				
Elemento	Unidade*	Baixo	Médio	Alto
MO	g dm <sup>3</sup>	< 25	26 – 60	> 60

\* Valor convertido de % para g dm<sup>3</sup>. Fonte: (SBCS, 2004).

### Saturação por alumínio (m %)

A saturação por alumínio também é uma variável que indica a acidez do solo (FERREIRA, 2006). Segundo Nolla et al. (2004), as atividades do Al no solo ocorrem em valores de pH menores que 5,5. Dessa maneira, a determinação (Equação 8) da saturação do Al<sup>3+</sup> ocorre em relação ao valor da CTC efetiva (t), já que a CTC total é considerada com o pH igual a 7 o Al<sup>3+</sup> já não está presente no solo (FERREIRA, 2006; PREZOTTI, 2013).

$$\text{Eq. 8 m} = \text{Al}^{3+} / \text{t} \times 100$$

A solubilidade do alumínio no solo recebe a influência também de fatores como, o tipo de argila predominante, concentração de sais na solução e teor de matéria orgânica do solo (FERREIRA, 2006; ZAMBROSI et al., 2007). A toxidez por Al é o fator que mais limita a o

<sup>1</sup> Valor encontrado a partir da porcentagem média (58) de carbono contidos em matéria orgânica mumificada: 100/58 = 1,72, segundo Kiehl (1979).



desenvolvimento da planta e a produção das culturas em solos ácidos (NICOLODI et al., 2008). Portanto, a classificação da saturação por alumínio também indica se existe a necessidade de correção da acidez do solo, para que ocorra as condições necessárias de fertilidade para o bom desenvolvimento da planta, por meio da calagem, que aumenta o pH do solo e libera os elementos de nutrição essenciais, K, Ca e Mg (CAIRES, 2002). A classificação para a saturação por alumínio está no quadro 10 a seguir.

**Quadro 10. Classe de interpretação para a saturação por alumínio.**

Classificação				
Elemento	Unidade	Baixo	Médio	Alto
<b>m</b>	%	< 30	30– 50	> 50

Fonte: (ALVAREZ et al, 1999; ANDRADE, 2010)

### Salinidade

Os solos afetados por sais, também conhecidos como solos salinos, são desenvolvidos em condições naturais ou antrópicas, que resultam na grandeza da presença de sais solúveis e sódio trocável nas camadas superficiais do solo. Dessa forma, pode ocorrer pelo baixo índice pluviométrico que impossibilita que esses sais sejam lixiviados (AMORIM, 2010; PEDROTTI, 2015) ou como acontece em áreas baixas, que recebem constantemente águas salinas subterrâneas (BRADY, 2013). De maneira antrópica, pode ser afetado pelo manejo do solo, por meio da irrigação com água salinizada ou utilização excessiva de fertilizantes químicos ou corretivos com altas concentrações de sais solúveis (JUNIOR et al., 2010; GHEYI, 2016).

Os sais solúveis que acumulam no solo e formam a salinização são, principalmente, os teores de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$  (RAIJ, 1981; PEDROTTI; GHEYI, 2016). Dessa forma, a classificação dos níveis de sais e de sódio no solo é de grande importância para o conhecimento entre, o solo e a produção vegetal (RIBEIRO et al., 1999; FILHO 2003). Existem diferentes métodos com objetivo de avaliar salinidade do solo, por meio de valores que indicam a concentração de sais no solo, como: pH, a condutividade elétrica (CE) do extrato de saturação e a porcentagem de sódio trocável (PST) (RIBEIRO et al., 1999; JUNIOR et al., 2010).

Diferentes mecanismos podem ser adotados para recuperação de áreas que apresentam o solo com problemas quanto a fertilidade devido a concentração de sais, como: uso de plantas extratoras, de corretivos como o gesso agrícola e técnicas para melhorar a drenagem do solo (JUNIOR, 2010). O quadro 11 a seguir representa a classificação da salinidade.

**Quadro 11. Tabela de classes de interpretação para concentração sais.**

<b>Classificação</b>	<b>pH</b>	<b>PST %*</b>	<b>CE dS m-1</b>
<b>Salino</b>	< 8,5	< 15	≥ 4,0
<b>Sódico</b>	> 8,5	≥ 15	< 4,0
<b>Salino - Sódico</b>	< 8,5	≥ 15	≥ 4,0

\*PST = (Na<sup>+</sup>/CTC total) \*100. Fonte: (RIBEIRO et al, 1999).

### 2.3.2 Propriedades físicas

A textura, por exemplo, é a propriedade que favorece o entendimento sobre o comportamento do solo e propicia o melhor manejo sobre ele. As análises mecânicas de solos, ou seja, as distinções das partículas do solo em relação as variações dos diâmetros das partículas (JENNY, 1994), variam desde partículas microscopicamente pequenas até centímetros, são constituídas do tipo de rocha que se originaram e pelos efeitos do intemperismo e processos pedogenéticos que sofreram, são classificadas granulometricamente por seis ordens - ou classes de separados: matacões, calhaus, cascalho, areia (fina e grossa), sílte e argila (LEPSCH, 2011). As ordens estão apresentadas no quadro 12.

**Quadro 12. Classificação granulométrica quanto ao diâmetro das partículas.**

<b>Denominação</b>	<b>Tamanho (mm)</b>
<b>Matacões</b>	> 200
<b>Calhaus</b>	200 - 20
<b>Cascalho</b>	20 - 2
<b>Areia grossa</b>	2 - 0,2
<b>Areia fina</b>	0,2 - 0,05
<b>Sílte</b>	0,05 - 0,002
<b>Argila</b>	< 0,002

Fonte: (LEPSCH, 2011)

Segundo Meurer (2004), a textura refere-se a proporções relativas de areia, argila e sílte que compõem o solo. Importantes processos físicos e químicos que ocorrem no solo estão intimamente associados à textura, devido ao fato de que a textura também é um dos fatores capazes de determinar a intensidade e as reações químicas nas superfícies, além de influenciar muitas outras propriedades do solo (SANTOS, 2005).

Conforme as diferentes proporções de areia, silte e argila os solos são agrupados em diferentes classes texturais, segundo Lepsch (2011), a associação entre a análise granulométrica e a classe textural é indicada por um triângulo de classe textural (Figura 4), no qual permite o uso de dados de porcentagens das partículas encontradas. Para uma amostra ser considerada como franca argilosa deve ser composta por 40% a 60 % de argila, se a amostra for composta com mais de 50% de silte pode ser considerada como siltosa e, para ser classificada como arenosa, deve conter mais de 70% de areia (SANTOS, 2005; LEPSCH, 2011).

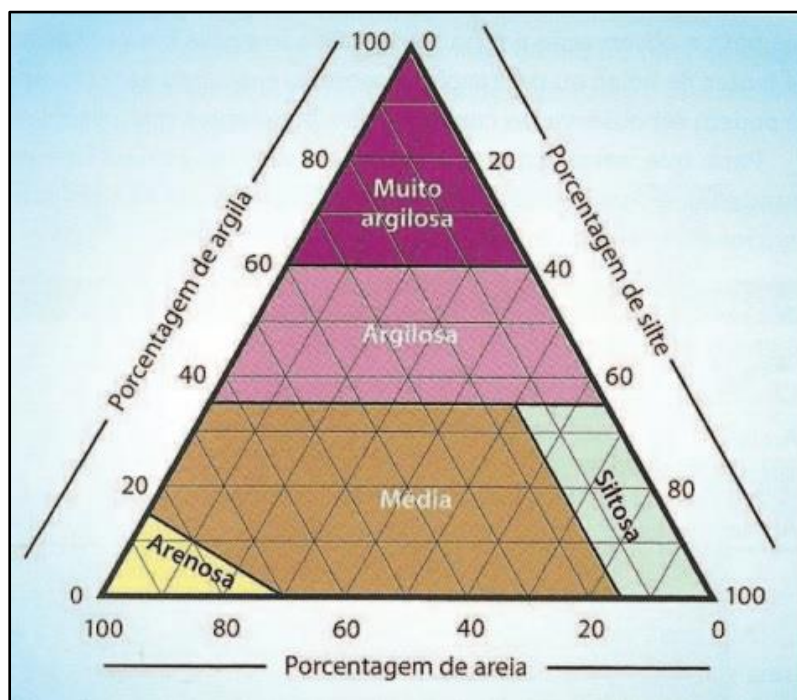


Figura 4. Triângulo de classe textural (Lepsch, 2010).

De acordo com Raij (1981) e Ketterings (2016), conforme o teor de argila no solo for de uma determinada grandeza, a CTC do solo também será maior, o que resulta na maior capacidade de reter nutrientes. Solos com mais areia e menos argila possuem valores de CTC mais baixos e não possuem eficiência na retenção de cátions, como os solos arenosos também possuem grandes poros, a lixiviação de nutrientes é maior do que em um solo com mais argila. A estrutura do solo é definida como o arranjo das partículas do solo em agregados (KETTERINGS, 2016), um solo com uma boa estrutura representa uma agregação significativa, por permitir o ótimo crescimento das raízes e acesso a água e nutrientes, e auxilia para uma boa produtividade com manejo adequado, evitando compactação excessiva e principalmente a erosão (RAIJ, 1981; MELLO et al., 2006).

### **3. Objetivo geral e objetivos específicos**

O objetivo geral deste trabalho é analisar algumas propriedades químicas e físicas de solos agrícolas de São João da Barra (RJ) e relacionar com os principais cultivos da região.

Em relação aos objetivos específicos, a pesquisa busca:

- a) Relacionar os dados químicos de fertilidade e dados físicos com o manejo do solo;
- b) Propor alguns métodos usuais de correção do solo e de manejo adequado, caso necessário;
- c) Contribuir para tabulação de dados para futuras pesquisas.

### **4. Justificativa**

A partir da análise laboratorial e *in situ* de solo, é possível determinar o grau de suficiência ou de deficiência dos elementos de nutrição existentes, assim como as condições que podem prejudicar o desenvolvimento das culturas, como por exemplo, a acidez ou salinidade (RAIJ, 1981). É um método importante que permite, antes do plantio, conhecer a capacidade do solo em suprir nutrientes para as plantas e, dessa forma, determina as necessidades de calcário, fertilizantes ou adubos a serem adicionados. Também é considerado o método mais simples, econômico e eficiente de diagnosticar a fertilidade do solo e aumentar a produtividade das culturas (CARDOSO, 2009; COELHO, 2012) que, conseqüentemente, beneficiará positivamente o agricultor em relação à colheita de sua produção (VELOSO, 2006).

A escolha do município de São João da Barra se justifica pelo fato dos solos do município serem considerados de baixa aptidão agrícola, ainda que o município possua uma economia forte voltada ao desenvolvimento agrícola (MANSUR, 2004; BURLA, 2015), especificamente, a agricultura familiar, com uso de adubações orgânicas, práticas de conservação e manejo do solo (PAES e ZAPPES, 2016), e que se dedicam às produções principais de abacaxi, coco, maracujá, maxixe, quiabo, melancia e outros (MANSUR, 2004; ANDRADE, 2016).

A cultura que mais se destaca na produção do município é o Abacaxi, sendo o segundo maior produtor da cultura no Estado do Rio de Janeiro, perdendo apenas para São Francisco do Itabapoana, que possui 80% da produção no total do Estado (SILVA, 2004). De acordo com os dados do IBGE, essa posição ainda se mantém, já que São João da Barra obteve a segunda

maior produção de abacaxi com 13.680 toneladas em 2016. A produção agrícola do município é direcionada para comercialização no mercado atacadista do Rio de Janeiro (SILVA, 2004), no consumo nas escolas de rede pública de ensino do município através do Programa Nacional de Alimentação Escolar (BURLA et al., 2015) e nas feiras locais (PAES e ZAPPES, 2016).

Contudo, recentemente, os agricultores de São João da Barra têm levantado argumentos sobre presença da baixa fertilidade e qualidade do solo afetarem negativamente em suas produções (BURLA et al., 2015). Portanto, esta pesquisa é relevante para a produção do conhecimento desse solo, podendo contribuir como fonte de informações para os agricultores locais e pesquisas futuras.

## 5. Materiais e Métodos

### 5.1 Área de Estudo

O município São João da Barra (Figura 5) está situado na Região Norte do Estado do Rio de Janeiro, possui uma área territorial de 455,044 km<sup>2</sup> e sua população corresponde, segundo Censo realizado pelo IBGE em 2010, cerca de 32.747 habitantes, possui comunidades tradicionais que desenvolvem atividades econômicas voltadas para a pesca, artesanatos e, principalmente, agricultura familiar sobre o cultivo de abacaxi, maxixe, quiabo, batata-doce e mandioca (LUMBRERAS, 2003; MANSUR, 2004), sendo o segundo município maior produtor de abacaxi do Estado, segundo o IBGE<sup>2</sup>. A área de estudo pertence às localidades de Água Preta (P1 = propriedade 1. Figura 6) (21°51'18.2"S41°06'00.3"W)<sup>3</sup> e Sabonete (P2 = propriedade 2. Figura 7) (21°56'11"S 41°06'40.0"W)<sup>4</sup>, no 5ª distrito do município.

Autores (FILHO, 2003; LUMBRERAS, 2003; MENDONÇA-SANTOS, 2007) que desenvolveram seus estudos sobre o domínio Faixa Litorânea do Estado do Rio de Janeiro, destacaram por fazer parte da constituição desse geoambiente o subdomínio denominado de Baixada Campista, exibido como uma planície deltaica e com a presença da vegetação de

---

<sup>2</sup> De acordo com IBGE, a produção de abacaxi no Estado Rio de Janeiro coloca o município de São Francisco do Itabapoana como o principal produtor da fruta e São João da Barra como o segundo maior produtor (SILVA, 2014)

<sup>3</sup> P1 (21°51'18.2"S41°06'00.3"W): propriedade 1 com a cultura de abacaxi na localidade de Água Preta, São João da Barra/RJ.

<sup>4</sup> P2 ((P2-21°56'11"S 41°06'40.0"W): propriedade 2 com a cultura de melancia e maracujá na localidade de Sabonete, São João da Barra/RJ.

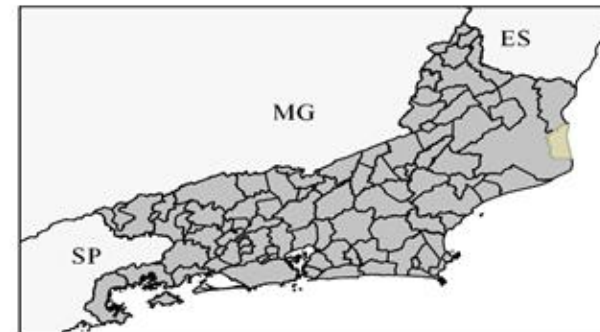
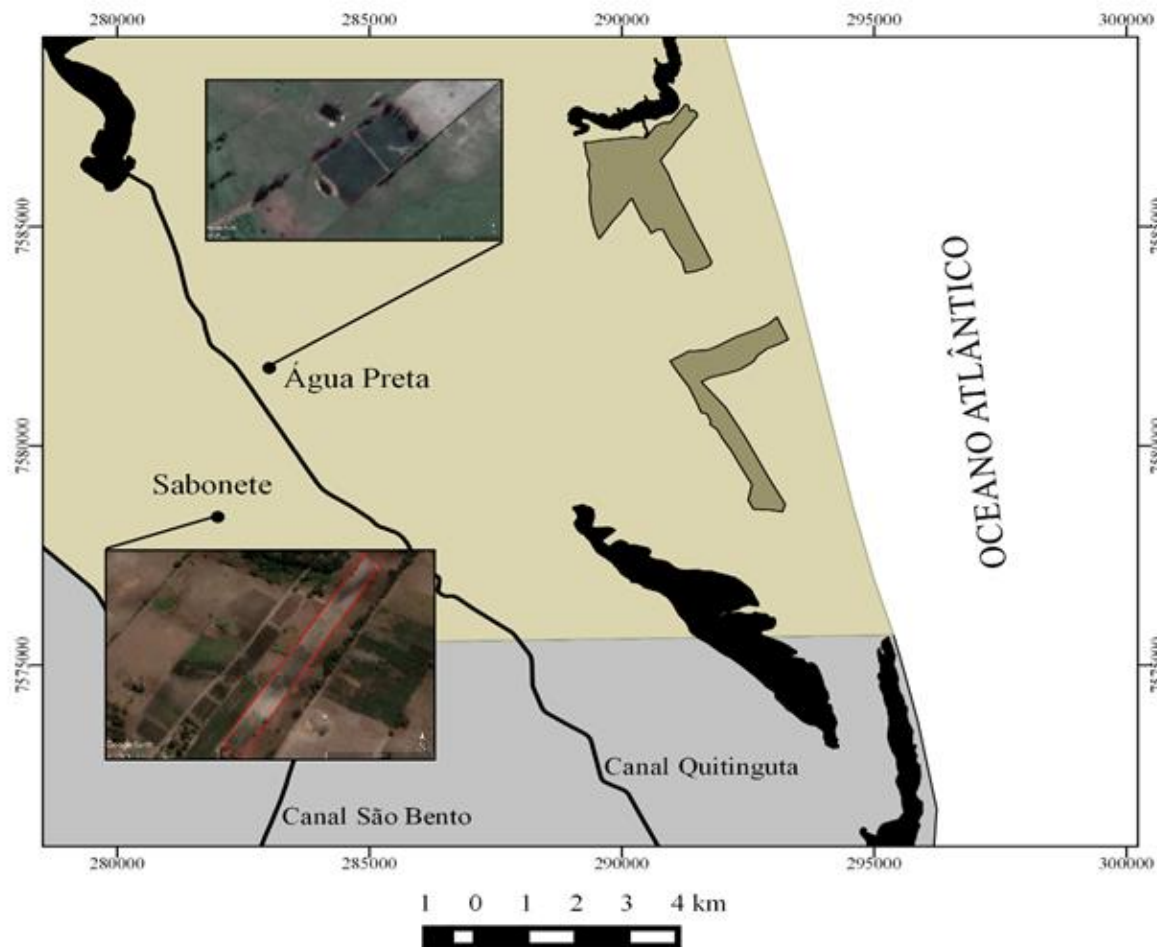
restinga e clima tropical<sup>5</sup>, com especificidades da morfologia litorânea representadas pelas sedimentações areno-argilosas de interferências flúvio-lagunar através de canais de rios e lagoas, e acrescentada, também, pela deposição flúvio-marinha com a sedimentação arenosa e com grande expressividade de cristas de praias (FILHO, 2003; LUMBRERAS, 2003; MANSUR, 2004) resultante do encadeamento de eventos transgressivos e regressivos das variações do nível do mar que, nessa perspectiva, atribuíram aos solos características mineralógicas e granulométricas herdadas (MANSUR, 2004).

---

<sup>5</sup> As maiores precipitações ocorrem durante o período de meses entre novembro a março, os meses entre maio a setembro são caracterizados por serem mais secos e com baixos índices pluviométricos (CLIMATE-DATA.ORG, 2018).

# MAPA DA ÁREA DE ESTUDO

(Água Preta e Sabonete - São João da Barra/RJ)



## Legenda

- Canais
- Localidades
- Lagoas
- CLIPA\*
- São João da Barra
- Outros municípios do Estado do Rio de Janeiro



Dados cartográficos  
Projeção: UTM zone 24S  
DATUM: SAD69  
Fonte: CIDAC (2015); IBGE (2018)

Figura 5. Mapa da área de estudo: identificação das localidades de Água Preta e Sabonete e suas respectivas propriedades agrícolas. \*CLIPA: Complexo Logístico Industrial e Portuário do Açú.



Figura 6. Imagem de satélite da propriedade referente a localidade de Sabonete, destacada com o polígono em vermelho.



Figura 7. Imagem de satélite da propriedade referente a localidade de Água Preta, destacada com o polígono vermelho.



As localidades de Água Preta e Sabonete, assim como grande parte do município de São João da Barra, estão situadas na Zona Agroecológica de Planície Costeira Arenosa (MANSUR, 2004), na qual ocorrem os solos referentes às classes de Espodossolos (Cárbicos e Ferrocárbicos) associados ao Neossolo Quartzarênico (LUMBRERAS, 2003; FILHO, 2003; MANSUR, 2004; ECOLOGUS, 2011), que são classes de solos com características que correspondem ao ambiente psamítico, ou seja, com textura arenosa e com drenagem excessiva e apresentam similaridades em relação as questões sobre fertilidade e sistema de produção (LUMBRERAS, 2003; FILHO, 2003; MANSUR, 2004).

O Espodossolo é uma classe de solo que apresenta em sua individualidade o material mineral, são hidromórficos ou não, contém horizonte B espódico (podzol) imediatamente abaixo do horizonte E (álbico ou não) ou horizonte A e, normalmente, possui a seguinte sequência de horizontes A, E, B espódico e C, com nítida diferenciação e textura arenosa em grande parte do seu perfil (MANSUR, 2004; OLIVEIRA, 2011; EMBRAPA, 2006; LEPSCH, 2011).

Por ser um solo com acentuada capacidade de permeabilidade e intensa ação da lixiviação, a retenção de cátions está associada praticamente à matéria orgânica na camada superficial (OLIVEIRA, 2011). Em consideração ao horizonte subsuperficial B espódico (podzol), esse apresenta acumulação iluvial de matéria orgânica relacionada aos complexos de sílica-alumínio ou húmus-alumínio, com a presença de ferro ou não (OLIVEIRA, 2011; EMBRAPA, 2006).

De acordo com a SiBCS<sup>6</sup>, os Espodossolos apresentam três subordens: Espodossolos Humilúvicos, Ferrilúvicos e Ferri-humilúvicos (LEPSCH, 2011). O Espodossolo Húmilúvico é também denominado como os Espodossolos Cárbicos, que são caracterizados por apresentarem exclusivamente o horizonte Bh, identificado com acúmulo de carbono orgânico e alumínio no horizonte B espódico, com evidência de hidromorfismo e predomínio da cor escura (FILHO, 2003; EMBRAPA, 2006; LEPSCH, 2011). Já a subordem Espodossolo Ferri-humilúvicos, considerados também como Espodossolos Ferrocárbicos, são constituídos pelo horizonte B espódico com acúmulo de ferro, carbono, alumínio e matéria orgânica, classificados como horizonte Bhs ou Bs, e são associados às cores avermelhadas ou amareladas por conta da presença do elemento ferro (FILHO, 2003; EMBRAPA, 2006; LEPSCH, 2011).

---

<sup>6</sup> Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.

Já a classe de solo Neossolo possui em sua constituição o material mineral ou orgânico moderadamente espesso e com expressões leves dos processos pedogenéticos e, conseqüentemente, não apresenta horizonte B diagnóstico definido, com exígua distinção dos horizontes apresentados na seguinte seqüência: horizonte A, C e/ou R (EMBRAPA, 2006; OLIVEIRA, 2011). De acordo com SiBCS, os Neossolo possuem as seguintes subordens: Neossolos Lítólicos, Flúvicos, Regolíticos e Quartzarênicos (EMBRAPA, 2006; LEPSCH, 2011).

No caso da área de estudos os Neossolos Quartzarênicos são solos minerais, com horizontes em seqüência A-C, com a textura areia ou areia franca de mineralogia essencialmente quartzosa e, como resultado, são demasiadamente drenados com baixa concentração de cátions e baixa fertilidade, possui a coloração frequentemente branca ou acinzentada confirma a presença da sedimentação de origem marinha (FILHO, 2003; MANSUR, 2004).

Em 2007, o município recebeu a instalação do Complexo Industrial Portuário do Açu (CLIPA), visto como maior empreendimento industrial portuário das Américas (CESÁRIO, 2014), onde foram introduzidos a Zona Industrial do Porto do Açu (ZIPA) e o Distrito Industrial de São João da Barra (DISJB). A instalação do Complexo Logístico Industrial e Portuário do Açu (CLIPA) gerou cerca de noventa e nove impactos, previstos e analisados pelos Relatórios de Impacto Ambiental (RIMAs), sobre o meio físico, biótico e socioeconômico (LATINI, 2016).

Dentre esses impactos, os positivos estão relacionados à perspectiva socioeconômica como geração de emprego e elevação econômica do município, por outro lado, os impactos negativos estão ligados tanto ao lado social e quanto ao meio físico. Uma vez que moradores e agricultores locais foram afetados pela medida de remanejamento e/ou sofreram a desterração<sup>7</sup>, como considera Moreira (2013). Quanto aos impactos negativos sobre ambiente físico local, leva-se em conta a alteração da qualidade da água, do solo, intensificação de processos erosivos, redução da vegetação e da fauna (LATINI, 2016).

As propriedades que fizeram parte das coletas de dados possuem características de produção e manejo do solo diferentes. A propriedade localizada em Água Preta (P1), trata-se de uma pequena lavoura arrendada por um pequeno agricultor para a produção de abacaxi, representada na figura 8. Sobre o manejo do solo: foi adotado o sistema de plantio convencional

---

<sup>7</sup> O movimento que separa o agricultor de sua relação mais orgânica com a terra, que retira do homem sua fonte de sustento e a sua ligação com a propriedade fundiária (MOREIRA, 2013).

que, para Lamas (2016), esse sistema de plantio contribui bastante para degradação das propriedades físicas e químicas do solo e diminui a sua fertilidade; foi adicionado calcário no solo antes do plantio e utilizado, durante a plantação, o Orthocide 500, que se caracteriza por ser um fungicida extremamente tóxico com a formulação de pó molhável, bastante utilizado em culturas de frutas (ARYSTA, 2008), além disso, apresentou espécies de plantas daninhas entre a plantação de abacaxi e exposição do solo para a ação da pastagem quando determinada cultura é finalizada e coletada, o que pode contribuir para a modificação da estrutura física do solo.



Figura 8. Cultura de abacaxi em Água Preta (P1).

Já a propriedade localizada em Sabonete (P2), consiste em um pequeno agricultor que trabalha com rotação de culturas, principalmente com o plantio de maracujá (Figura 9), melancia (Figura 10) e aipim, por meio do sistema de plantio convencional e da utilização de adubos orgânicos e fertilizantes químicos. Além disso, o agricultor faz a retirada de plantas daninhas próximas ao plantio. As duas propriedades utilizam a irrigação por meio de poço artesiano.



Figura 9. Cultura de maracujá em Sabonete (P2).



Figura 10. Cultura de melancia em Sabonete (P2).

### ***5.2 Etapas da Pesquisa***

O trabalho partiu da metodologia quantitativa (Figura 11) que, segundo Gerhardt e Silveira (2009), essa forma metodológica é fundamentada na quantificação de dados, formulações de hipóteses, procedimentos estruturados e análises de dados por meio de estatísticas. Portanto, considerada-se as quantificações de dados atribuídos a química e a física do solo de duas propriedades situadas em São João da Barra-RJ, por meio da pesquisa exploratória e descritiva de análises de dados com a utilização de levantamento bibliográfico, coleta de dados, trabalho de campo, análise laboratorial e análise exploratória de dados através de estatísticas básica vinculadas a *software*.

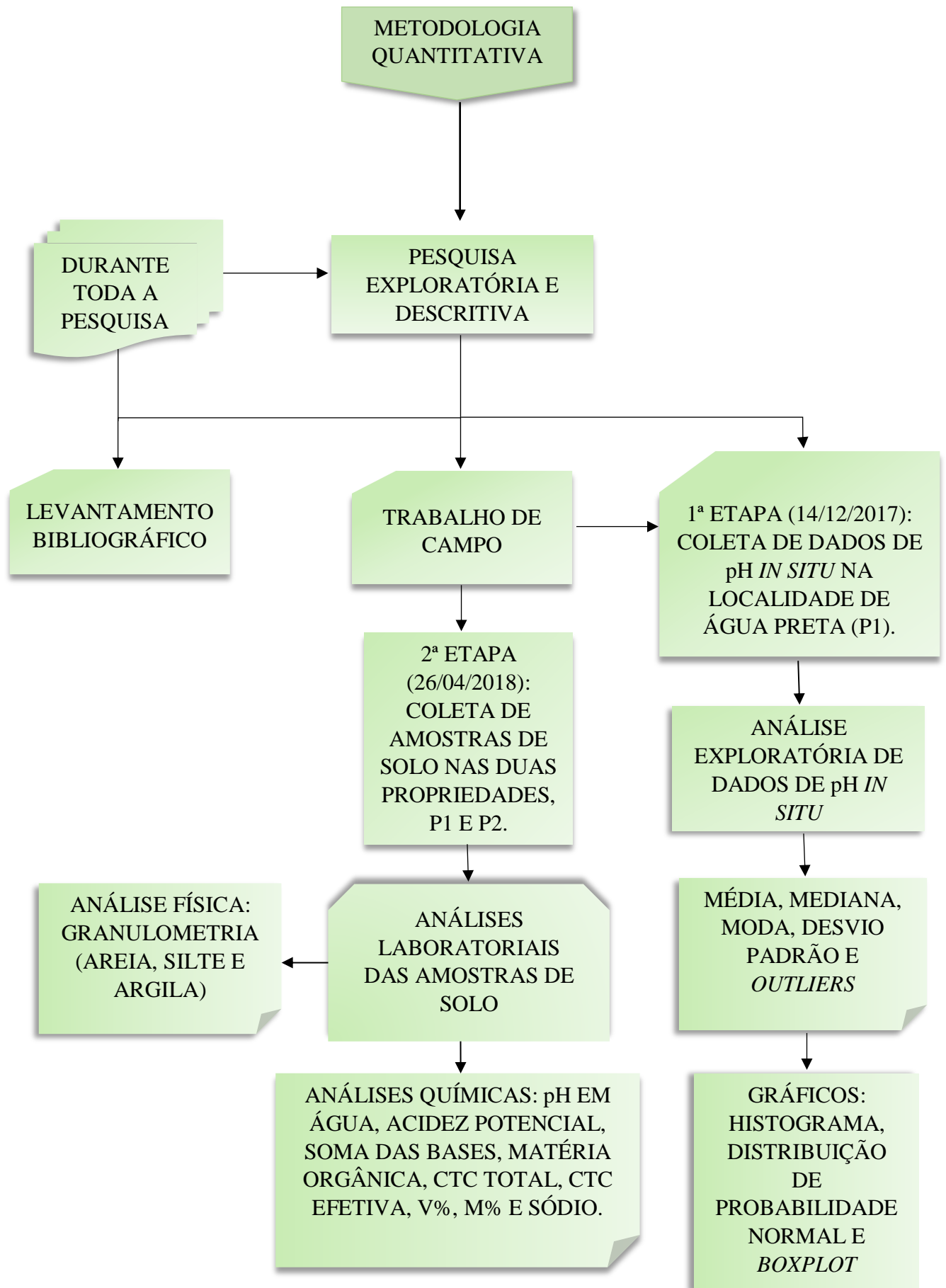


Figura 11. Fluxograma das etapas da pesquisa.

### **5.2.1 Levantamento bibliográfico**

O levantamento bibliográfico de teses, dissertações, sites, artigos científicos e livros, ocorreu durante toda a etapa da pesquisa, e contribuiu para que as interpretações dos dados descritos fossem discutidas com diversos autores e trabalhos associados com a temática da pesquisa.

### **5.2.2 Trabalho de Campo**

O trabalho de campo se configurou em duas etapas, destacadas por tempos diferentes, objetivadas particularmente em coletar informações de dados de pH *in situ* e coletar amostras de solos. Para Veloso (2006) o rigor sobre as coletas amostrais em campo é de extrema importância, pois são procedimentos que podem interferir na boa ou má qualidade dos resultados das análises laboratoriais e gerar uma sequência de erros. Dessa forma, as coletas de dados de pH e amostras de solos seguiram as indicações estabelecidas pela Embrapa (1997).

O primeiro trabalho de campo ocorreu no mês de dezembro de 2017 na propriedade 1 (Água Preta) com objetivo de coletar dados de pH *in situ*. O solo estava com o plantio da cultura de abacaxi. A coleta de dados ocorreu da seguinte maneira: foram coletados 60 dados de pH, com pHmetro inserido de 0-20 cm no solo<sup>8</sup>, com pontos distribuídos em toda área (caminhando ziguezague, figura 10), conforme as recomendações da Embrapa (1997). Os instrumentos utilizados foram: o aparelho pHmetro Bloom Moisture Meter, que mede pH (3,5 – 8,5), umidade e luminosidade do solo.

A segunda realização do trabalho de campo ocorreu no mês de abril de 2018 nas propriedades 1 (Água Preta) e 2 (Sabonete) com o objetivo de coletar amostras de solos. Na propriedade 1, o solo já estava sem a plantação da cultura de abacaxi desde o final do mês de janeiro. Já a propriedade 2, o solo estava com o plantio das culturas maracujá e melancia, portanto, para a coleta de amostras, a propriedade foi dividida em 2 glebas consideradas pelo fator cultura, conforme a orientação da Embrapa (1997). Foi adotado o seguinte procedimento de coleta (Figura 12): foram coletadas 20 amostragens de solos (para cada cultura)<sup>9</sup> de 0-20 cm, em áreas de plantio convencional de cultura perene, já que a amostragem de solo é feita na

---

<sup>8</sup> A coleta de amostras é realizada na camada de 0 a 20 cm do solo por ser a camada que mais indica as condições de fertilidade e acidez do solo (SBCS, 2004).

<sup>9</sup> 20 amostras de solos referente à cultura de abacaxi, na propriedade 1; 20 amostras de solos referente à cultura de maracujá e 20 amostras de solos referente à cultura de melancia, na propriedade 2.

camada de 0-20 cm (EMBRAPA, 2014), as amostras foram colocadas em sacos plásticos identificados (propriedade e cultura).

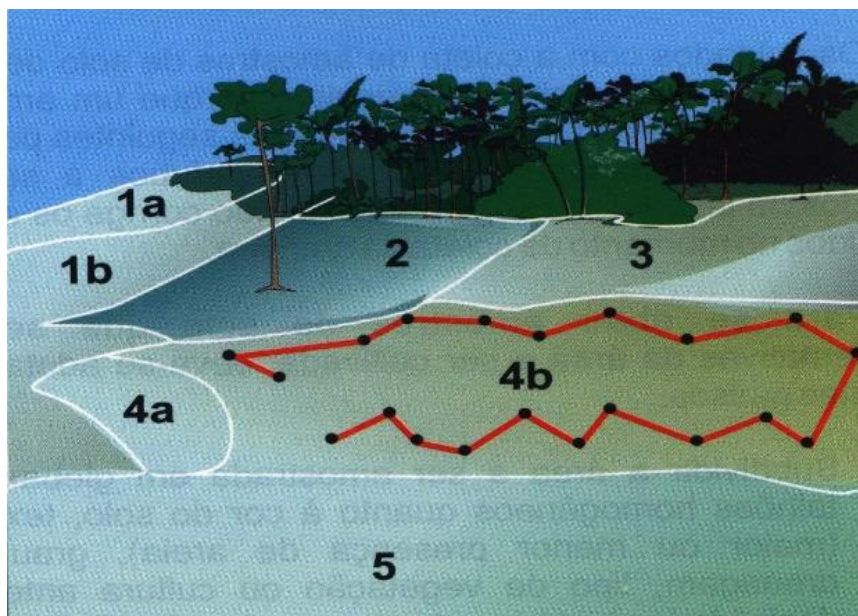


Figura 12. Divisão do terreno para a coleta de amostragem e procedimento de coleta de solo (0-20cm) em zig-zague. Fonte: EMBRAPA (2002)<sup>10</sup>.

Após as coletas, as 20 amostras<sup>11</sup> de cada propriedade foram misturadas em balde, também identificado e separado (propriedade e cultura), essa mistura é para homogeneizar as amostras. Ao final da mistura no balde, foi retirado 400g de amostra de solo, ou seja, amostra composta, e colocado em saco plástico identificado, totalizando três amostras diferentes para serem analisadas em laboratório. Instrumentos utilizados: o trado que consiste em uma ferramenta para a coleta de amostragem de solo; sacos plásticos; baldes e balança de precisão (EMBRAPA, 1997).

### 5.2.3 Análise laboratorial

As análises laboratoriais de solos têm por objetivo identificar composição característica do solo em relação as propriedades da química e da física, e além disso, contribui para o entendimento da fertilidade do solo (VELOSO, 2006). Portanto, as amostras

<sup>10</sup> Disponível em: < <http://www.ceinfo.cnpat.embrapa.br/arquivos/LabSolos/amostragem.html>> Acesso em jun. 2018.

<sup>11</sup> Recomenda-se coletar 20 amostras simples por amostra composta, qualquer que seja a área amostral (EMBRAPA, 2014).

identificadas foram direcionadas para o laboratório de solos do Centro de Análises da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (Campus – Campos dos Goytacazes) uma semana após a coleta. Em laboratório foram realizadas as análises de dados químicos como pH em água, acidez trocável (H +Al), soma das bases (SB), sódio (Na), CTC efetiva (t), CTC (T), saturação por bases (V%), saturação por alumínio (m%) e matéria orgânica (MO), e análises dados da física do solo através da granulometria, as análises seguiram a metodologia orientada pela Embrapa (2009). A seguir estão descritos os procedimentos realizados em laboratório:

**Procedimentos de análise química (EMBRAPA, 2009):**

**pH em água:** o pH é medido eletronicamente através de eletrodo combinado imerso na solução de solo com água. Procedimento: 1. Colocar 10 mL de solo em um recipiente de 100 mL numerado; 2. Incluir 25 mL de água; 3. Agitar a amostra com bastão de vidro e colocar em repouso por uma hora; 4. Agitar a solução, inserir os eletrodos e fazer a leitura do pH. Equipamento: potenciômetro com eletrodo combinado.

**Acidez Trocável (H+Al) em  $\text{cmol}/\text{dm}^3$ :** determinação da acidez de H + Al nas formas trocáveis a partir da solução não tamponada de KCl. Procedimento: 1. Adicionar 10g de solo e 50ml de KCl em recipiente erlenmeyer de 125ml; 2. Agitar e colocar em repouso por 30 min; 3. Filtrar a solução com mais duas porções de 10ml de KCl; 4. Incluir ao filtrado 6 gotas de fenolftaleína a 0,1% e titular com NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup> até surgir a cor rosa. Equipamento: bureta digital

**Matéria orgânica (MO) em g  $\text{dm}^3$ :** determinação da MO por meio da oxidação com dicromato de potássio em meio sulfúrico, usando como fonte de energia o calor do ácido sulfúrico ou aquecimento. Procedimento: 1. triturar 20 g de solo e colocar em peneira de 80 mesh; 2. Colocar 0,5 g do solo triturado em recipiente erlenmeyer de 250 mL; 3. Pipetar 10,00 mL da solução de dicromato de potássio 0,0667 M; 5. Aquecer em placa elétrica durante 5 min; 6. Adicionar 80 mL de água destilada, 2 mL de ácido ortofosfórico e 3 gotas do indicador difenilamina; 6. Titular com solução de sulfato ferroso amoniacal 0,1 mol L<sup>-1</sup> até a cor azul for transferida pelo verde; 7. Identificar o número de mililitros gastos. **Na em  $\text{cmol}/\text{dm}^3$ :** identificado pela solução diluída de ácido clorídrico e espectrofotometria de chama. Procedimento:1. Colocar o extrato de solo com HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup> no fotômetro de chama; 2. Proceder a leitura do aparelho. Equipamento: fotômetro de chama.

**Soma das bases trocáveis (SB) em  $\text{cmol}/\text{dm}^3$ :** Indentificada através da soma de  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+$ .



**CTC efetiva (t) em cmol/dm<sup>3</sup>:** identificada através da soma das bases mais Al<sup>3+</sup>.

**CTC total (T) cmol/dm<sup>3</sup>:** colocar 10 g de solo em Erlenmeyer de 200 mL e juntar 150 mL de solução de acetato de cálcio para obter o pH 7,0. Fechar o erlenmeyer e agitar com movimentos circulares; repetir esta operação várias vezes ao dia. Depois deixar em repouso durante um tempo equivalente à uma noite. Utilizar o sobrenadante da solução para a determinação da acidez extraível.

**Saturação por bases (V%):** valor representado a partir da equação 6, através da participação das bases trocáveis em relação ao total de cátions.

**Saturação por alumínio (m%):** valor representado a partir da equação 8, por meio da quantidade alumínio trocável e soma das bases.

#### **Procedimento de análise física: Granulometria (EMBRAPA, 2009):**

**Areia Total:** 1. Colocar sobre um funil a peneira de 20 cm de diâmetro e malha 0,053 mm. 2. Retirar a garrafa do agitador e transferir a amostra da garrafa para a peneira. Lavar a garrafa e a rolha com água deionizada. 3. Lavar todo o material retido com água deionizada, não deixando ultrapassar o volume final de 1000 mL no cilindro. 4. Preencher o cilindro de sedimentação com água deionizada. 5. Retirar a fração areia retida na peneira, tirar excesso da água e colocar para secagem na estufa a 105°C, por 24 horas. 6. Retirar a amostra da estufa e pesar.

**Silte e Argila:** colocar 25 mL da solução de hidróxido de sódio 1 mol L<sup>-1</sup> no cilindro de sedimentação e completar com água deionizada. Pipetar 25 mL da solução, colocar para secagem na estufa a 105°C, por 24 horas. 2. Agitar a amostra. 3. Imediatamente após a agitação, inserir 5 cm da pipeta no cilindro e pipetar 25 mL da suspensão de silte + argila e colocar para secagem na estufa a 105°C, por 24 horas. 4. Pipetar 25 mL da suspensão de argila, transferir para um béquer identificado e colocar para secagem na estufa a 105°C, por 24 horas. 6. Recolher as amostras secas da estufa, em dessecador e pesar em balança analítica.

#### **Procedimento de Classificação pelo triângulo textural (SBCS, 2004):**

Cada lado do triângulo possui uma escala, de zero a 100%, de argila, silte e areia. A seta tracejada parte do valor determinado na análise granulométrica representado por meio da porcentagem para o interior do triângulo. No entanto, como são três porcentagens diferentes, o triângulo é marcado por três setas representadas com cores diferentes. O ponto de encontro

dessas setas indica a textura do solo, ou seja, a interseção das setas ocorrerá sobre uma área de classe textural nomeada no triângulo.

#### **5.2.4 Análise exploratória dos dados**

A partir de todos dados de pH *in situ* organizados, eles foram representados através de valores estatísticos como médias, medianas e moda, que são medidas de tendência central, e valor de desvio padrão, que consiste em uma medida de variação (TRIOLA, 1999), para a realização da análise exploratória. Utilizou-se o programa *STATISTICA*, uma ferramenta que possibilita realizar tarefas de análise estatísticas e gerenciamento de dados e gráficos (STATSOFT, 2018). Portanto, para a verificação estatística da distribuição dos dados, foi gerado tabela de valores e os gráficos, como histograma, distribuição da probabilidade normal e *boxplot*. A partir desses gráficos, foi possível analisar supostos valores extremos.

O histograma tem o propósito de resumir a distribuição de um conjunto de dados com suas frequências determinadas, permitindo estabelecer uma visualização da distribuição da simetria dos dados (TRIOLA, 1999). O gráfico de probabilidade normal (CHAMBERS et al., 1983) consiste em avaliar se um conjunto de dados está distribuído normalmente, os dados são plotados em relação a linha de distribuição normal, conjunto de dados formados próximos a essa linha indicam normalidade, dessa forma, permite analisar uma distribuição e localizar valores extremos (CHAMBERS et al, 1983). Já o gráfico de *boxplot* é uma ferramenta para identificar a localização e variação em conjuntos de dados, principalmente a identificação de valores de *outliers* (ANDRADE, 2010), é composto por valor mínimo, primeiro quartil  $Q_1$ , a mediana, o terceiro quartil  $Q_3$  e valor máximo (TRIOLA, 1999).

## **6. Resultados e Discussão**

### **6.1 Análises químicas dos solos**

#### **pH *in situ***

Os dados de pH do solo, *in situ*, foram submetidos a uma análise exploratória para a identificação de possíveis valores *outliers* e extremos, de maneira a não se “mascarar” os verdadeiros valores de fertilidade do solo, como acontece em áreas que recebem altas doses de fertilizantes.

A partir das 60 coletas de valores de pH, enquanto o solo estava com o plantio de abacaxi, obteve-se a média de pH igual a 6,7, a mediana igual a 7,0, moda também igual a 7,0 e o desvio padrão teve como resultado o valor de variação igual a 1,0. Esses valores indicam que houve uma variação no conjunto de dados, mas que as medidas centrais tiveram valores dos dados que correspondem a classificação de neutralidade do pH do solo (MALAVOLTA, 1980). Com a representação do histograma (Figura 13), observa-se que as maiores frequências de dados ocorreram com pH entre os valores 7,0 (35%) e 7,5 (28%), esses dados indicam que, apesar da média ser de 6,7, o pH do solo teve uma variação correspondente as classificações de pH neutro e alcalinidade fraca do solo.

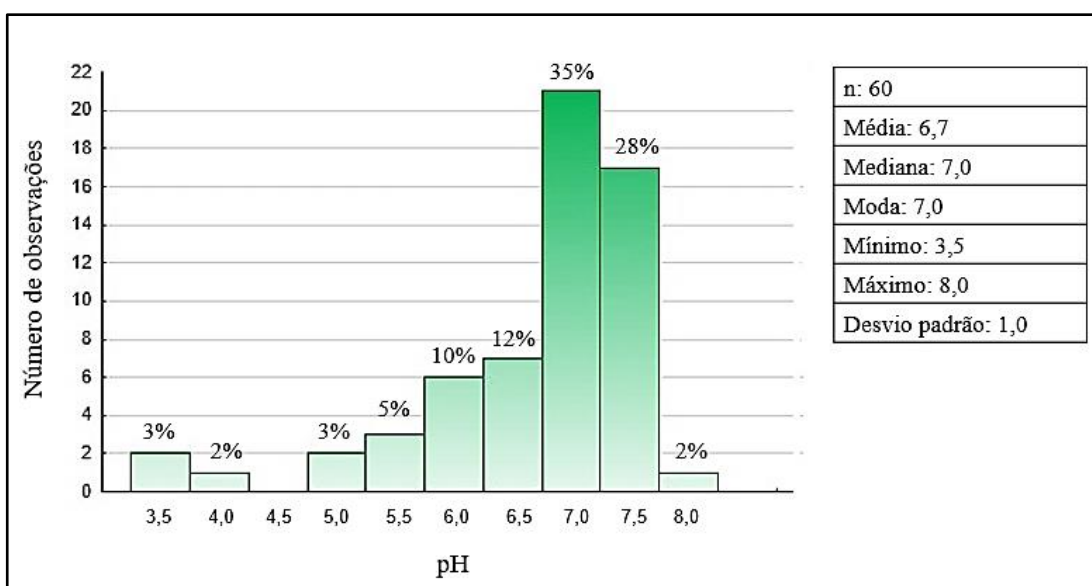


Figura 13. Histograma de frequência de valores de pH coletados em campo.

Ainda com o histograma, nota-se também, que o conjunto de dados ao todo não segue um padrão de simetria e tende a ter uma distribuição concentrada à esquerda, ressaltando as frequências dos valores ditos anteriormente, esse fato também pode ser visto no estudo de Carvalho (2002), ao considerar que nas profundidades entre 5 a 20 cm do solo são onde as variações são mais comuns de ocorrerem e formarem uma distribuição não-normal.

Contudo, adentro dessas distribuições, também ocorrem dados com menores frequências, com valores destacados de pH igual a 5,5 e 6,0, que são classificados como acidez média, por Malavolta (1999), a partir da escala de pH (Figura 3). Além desses resultados ocorreram outros índices de pH com apenas um número de observação (pH = 4,0 e 8,0) ou com baixíssima frequência (pH = 3,5 e 5,0) em relação aos demais. Essas distribuições de menores

frequências podem indicar valores extremos, sendo valores muito acima ou abaixo da maioria observada no conjunto.

Portanto, segundo Triola (1999) precisam de uma análise mais detalhada para saber o grau de interferência dos mesmos no conjunto de dados. A partir do gráfico (Figura 14) de distribuição da probabilidade de normalidade, esses valores supostamente considerados como extremos se dispersaram do conjunto de dados, ou seja, se distanciaram da normalidade.

Verifica-se que o valor de pH igual a 5,0 que possui a frequência igual a 2 se encontra dentro do conjunto de dados que está concentrado próximo à reta de normalidade teórica, na qual também pode ser observado a assimetria dos dados, já que os supostos valores discrepantes são destacados por suas respectivas distâncias da reta de normalidade, como os valores de pH entre 3,5, 4,0 e 8,0.

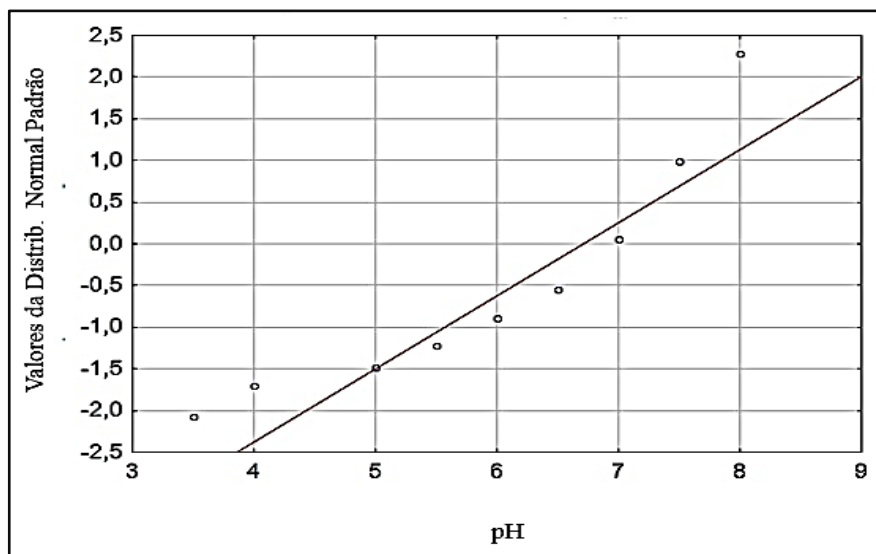


Figura 14. Gráfico de probabilidade normal para a variável pH *in situ*.

Essas informações também são representadas no gráfico de Box-Plot (Figura 15), ao levar em consideração o reajuste dos dados. Valores que fazem parte da concentração dos dados formaram um conjunto que possui como limite inferior o pH igual a 5,0 e o limite superior igual a 8,0, o pH igual a 6,5 é representado como o quartil inferior e os dados de pH igual a 7,5 são verificados no quartil superior, enquanto a representação da mediana corresponde ao pH igual a 7,0.

Portanto, entende-se que valor de pH igual a 8,0 faz parte do conjunto de dados por estar próximo ao pH de 7,5, não sendo considerado como *outlier*. Já os valores de pH iguais 3,5 e 4,0 são considerados como *outliers* por estarem relativamente afastados do limite inferior igual a 5,0, como pode ser visualizado na figura 15. O mesmo ocorreu com as variáveis químicas que foram analisadas por Chaves et al. (2004) em seus estudos, em que as variáveis analisadas em sua maioria apresentaram assimetria desviada devido aos valores considerados extremos “mascarando” os valores verificados do conjunto de dados para a interpretação da fertilidade do solo.

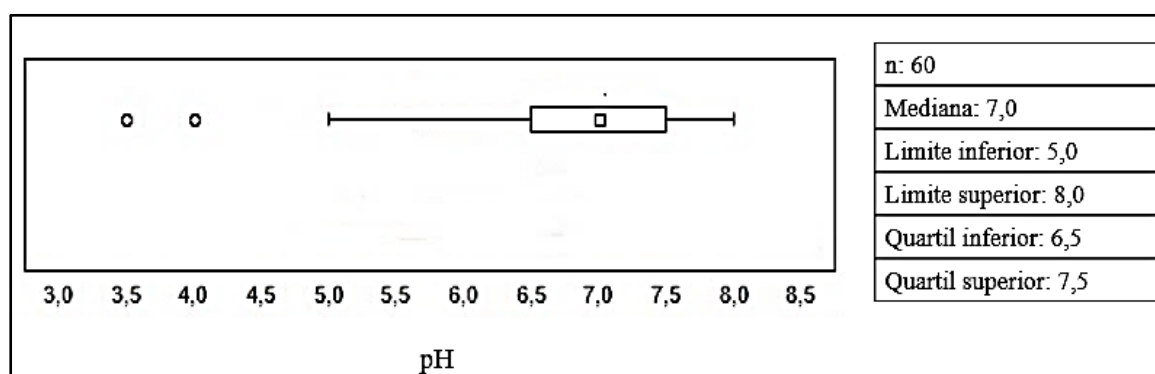


Figura 15. Gráfico de *Box-Plot* para os valores de pH *in situ*.

Dessa maneira, foi considerada uma nova análise estatística (média, moda, mediana, mínimo, máximo e desvio padrão) sem os *outliers* para melhor verificação e discussão dos dados. Conforme o quadro 13, a nova média de 6,8 não teve uma modificação tão significativa da anterior dentro da classificação de pH, sendo ainda caracterizada como acidez fraca e, manteve-se também, a concentração dos valores de pH dentro dos quartis inferior igual 6,5 e superior igual a 7,5.

**Quadro 13. Valores estatísticos encontrados**

<b>Estatística</b>	<b>Valor com os <i>outliers</i></b>	<b>Valor sem <i>outliers</i></b>
<b>Núm. de Obs.</b>	60	57
<b>Média</b>	6,7	6,8
<b>Moda</b>	7	7
<b>Mediana</b>	7,0	7,0
<b>Mínimo</b>	3,5	5,0
<b>Máximo</b>	8,0	8,0
<b>Desv. Padrão</b>	1,0	0,7
<b>Quartil Superior</b>	6,5	6,5
<b>Quartil Inferior</b>	7,5	7,5

A alteração do conjunto de dados pode ser analisada através da medida de variação determinada pelo desvio padrão, já que houve uma diminuição do valor dessa medida de variação, de acordo com Triola (1999), quando os valores estão próximos um do outro e concentrados, o valor do desvio padrão tende a ser menor. Esse fato também pôde ser verificado por meio das análises de atributos químicos realizadas por Cavalcante (2006), em que os valores das medidas de tendência central se tornaram semelhantes e os dados apresentaram uma aproximação da distribuição normal, um indicativo de que essas medidas não estão influenciadas por valores atípicos.

Desta forma, os valores de pH *in situ* encontrados neste trabalho, podem ser justificados pelo uso de corretivos adotados pelo agricultor, no qual adicionou ao solo antes do plantio o calcário e fez o uso de fertilizantes durante a plantação. Dessa maneira, os *outliers*, ao que tudo indica, são entendidos como pontos de coletas em que o solo estava sem a influência do corretivo. Segundo a EMBRAPA (2006), a cultura de abacaxi se desenvolve melhor com o pH entre 4,5 a 5,5, portanto, evidencia-se que os valores altos de pH encontrados *in situ* com média de 6,8 e moda igual a 7,0, decorrente da calagem, não estavam apropriados para o desenvolvimento da plantação (conforme foi representado no quadro 3), já que o pH do solo foi alterado e, conseqüentemente, a sua fertilidade e as presenças dos elementos de nutrição também sofreram modificações.

## Análise laboratorial

Os resultados obtidos sobre a análise química laboratorial (Quadro 14) foram semelhantes aos resultados encontrados por autores que também pesquisaram sobre as propriedades químicas na área de estudo (FILHO, 2003; MENDONÇA-SANTOS, 2007; ECOLOGUS, 2011; ANDRADE, 2016).

**Quadro 14. Resultado da análise química**

Propriedades	pH	H + Al	Na	T	t	SB	MO	V	m
	água	cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup>				g dm <sup>3*</sup>		%	
<b>P1</b>	5,0	6,8	0,11	9,1	3,0	2,3	35,3	24,9	23,6
<b>P2<sup>1</sup></b>	5,5	3,8	0,03	5,8	2,0	2,0	18,8	34,9	0,0
<b>P2<sup>2</sup></b>	5,2	4,3	0,06	6,8	2,9	2,5	26,6	37,1	13,6

\*g dm<sup>3</sup> = dag kg<sup>-1</sup> x 10/; <sup>1</sup>P2: propriedade 2 com a cultura de melancia; <sup>2</sup>P2: propriedade 2 com a cultura de maracujá.

Foi identificado valor de pH em água igual a 5,0 na cultura de abacaxi, na propriedade 1, após a colheita, este valor que é considerado como acidez elevada a partir da classificação de pH de Alvarez et al. (1999). Já os valores de pH em água obtidos sobre as culturas de melancia e maracujá na propriedade 2, foram respectivamente: 5,5 e 5,2, classificados como acidez média (ALVAREZ, 1999). Levando em consideração os valores intermediários de pH para a obtenção de nutriente necessários para o crescimento da maioria das culturas entre 5,5 a 6,5 (RAIJ, 1981), pode-se dizer que o pH em água da cultura de abacaxi (propriedade 1) e de maracujá (propriedade 2) estão abaixo desses valores considerados essenciais para a nutrição da planta e, dessa forma, colocam em vulnerabilidade as condições de fertilidade dos solos, já que valores de pH como esses provocam transformações nas formas livres e complexadas dos nutrientes (FERNANDES, 2006).

Em relação a acidez potencial, segundo Alvarez et al. (1999), essa variável química possui uma classificação de acidez considerada crítica quando atinge o valor maior que 5,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>3</sup>. A cultura de abacaxi foi a que teve como resultado o alto índice de H+Al igual 6,8 cmol<sub>c</sub> dm<sup>3</sup> no solo. Nas culturas de melancia e maracujá foram encontrados respectivamente os valores médios de H+Al iguais a 3,8 cmol<sub>c</sub> dm<sup>3</sup> e 4,3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>3</sup>. Observa-se que o valor da acidez potencial foi maior na propriedade 1, tendo quase o dobro da quantidade encontrada na

cultura de melancia, esse valor justifica o pH ácido igual a 5,0 da propriedade, uma vez que o valor alto de acidez potencial indica que o solo possui maior concentração de hidrogênio e alumínio, que estão presentes nos colóides (QUAGGIO, 2000).

Sobre as somas das bases (SB), a cultura de abacaxi (P1) obteve o valor de 2,3  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ , classificado como uma disponibilidade baixa das bases Na, Ca, Mg e K no solo, que também foi identificado na cultura de melancia com 2,0  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$  e valor médio de 2,5  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$  na cultura de maracujá. Segundo Raij (1981), os teores médios (2,5 – 6,0  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) da soma das bases trocáveis no solo, já são suficientes para proporcionar um solo fértil por meio das bases presentes. Contudo, nota-se que houve uma pequena variação da SB da cultura de melancia em relação as demais, principalmente em relação a cultura de abacaxi com a diferença de 0,3  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ , o que não era esperado, já que o valor da soma das bases está relacionado ao pH, solos mais ácidos possuem teores menores de soma das bases (RONQUIM, 2010), entende-se que o valor da SB na propriedade de abacaxi pode ser decorrente da matéria orgânica (35,3  $\text{g dm}^{-3}$ ) e calagem realizada no solo, visto que esses elementos contribuem para a presença dos cátions básicos no solo. Os valores encontrados também foram semelhantes aos encontrados pelas pesquisas de Filho (2003) e Mendonça-Santos (2007).

Para os valores da matéria orgânica (MO), foram identificados 35,3  $\text{g dm}^{-3}$  na cultura de abacaxi (P1), que a partir da classificação da matéria orgânica realizada por Alvarez et al. (1999), esse valor faz parte de disponibilidade média da matéria orgânica no solo. Já a matéria orgânica na propriedade 2, foram encontrados 18,8  $\text{g dm}^{-3}$  na cultura de melancia e 26,0  $\text{g dm}^{-3}$  na cultura de maracujá, que são respectivamente valores de baixa e média disponibilidade. De acordo com Fernandes (2016), o teor satisfatório da matéria orgânica no solo é representado por valores maiores que 50  $\text{g dm}^{-3}$ . O resultado da matéria orgânica na P1, parece confirmar associação feita na análise granulométrica (a seguir), ao considerar a maior quantidade de argila (3%) e silte (7%) no solo encontrada na mesma propriedade, portanto, considera-se que o valor da matéria orgânica seja decorrente de sua adsorção aos colóides do solo. Em relação ao baixo valor da matéria orgânica da cultura de melancia, é possível fazer uma associação com o baixo valor da soma das bases (2,0  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) verificado na mesma cultura, já que a matéria orgânica também está associada ao fornecimento de nutrientes ao solo (LOPES, 1998; TIBAU, 1983), sendo importante na fixação de K, Ca e Mg nos solos que contribuem para a CTC, principalmente em solos arenosos com baixíssima quantidade de argila (KIEHL, 1979).

O nível mais adequado de saturação por alumínio no solo para que não ocorra toxicidade na planta é que seja menor que 30% (ALVAREZ et al., 1999). Os valores da saturação por



alumínio (m) verificados neste trabalho podem ser considerados como baixos. O maior índice de saturação por  $\text{Al}^{3+}$  foi encontrado na cultura de abacaxi (P1), com saturação por alumínio igual a 23,6 %, valor que pode ser justificado pelo pH 5,0 encontrado nessa cultura, já que solos ácidos possuem valores maiores de alumínio (RAMOS, 2006). Já na propriedade P2, na cultura de maracujá, foi verificado a saturação por  $\text{Al}^{3+}$  igual a 13,6 %. A cultura de melancia a saturação por alumínio foi igual a 0, esse resultado é justificado também pelo pH 5,5, segundo Malavolta (1980) a partir do pH igual a 5,5 e em níveis mais elevados, o teor de alumínio tende a ser baixo. Valores semelhantes de saturação por alumínio também foram encontrados por Filho (2003).

Os valores da CTC potencial (T) encontrados a pH 7,0, tiveram variações semelhantes aos da soma da base. De acordo com Quaggio (2000), a CTC total do solo está associada tanto as somas das bases quanto a acidez potencial. O nível adequado da CTC total no solo corresponde aos valores maiores que  $8,61 \text{ cmol}_c \text{ dm}^3$  (ANDRADE, 2010). Na cultura de abacaxi (P1) obteve o maior valor com  $9,1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^3$ , classificado com um valor bom (ALVAREZ et al., 1999), na cultura de melancia foi verificado menor valor com  $5,8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^3$  e na cultura de maracujá, o valor foi igual a  $6,8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^3$ , resultados são considerados como médios dentro da classificação da CTC (ALVAREZ et al., 1999). Nota-se que o valor da CTC foi maior nas propriedades em que ocorreram os maiores resultados da soma das bases e matéria orgânica, segundo Kiehl (1979), a CTC tende a ter níveis mais elevados em relação aos maiores teores de soma de bases, matéria orgânica e minerais de argila e silte. Solos com alta CTC são considerados como possuidores de boa fertilidade (KIEHL, 1979). Também foram encontrados valores semelhantes nos trabalhos de Filho (2003) e Mendonça-Santos (2007).

O nível mais adequado da CTC efetiva no solo corresponde aos valores maiores que  $4,61 \text{ cmol}_c \text{ dm}^3$  (ALVAREZ et al., 1999). Os valores encontrados para CTC efetiva (t) dos solos analisados também tiveram seus valores foram diferenciados. Foi verificado sobre a cultura de abacaxi  $3,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^3$ , esse valor é referente a uma capacidade média de retenção de cátions em relação ao índice de pH do solo (PREZOTTI, 2013). Já os valores encontrados na propriedade 2, foi identificado  $2,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^3$  considerado como baixo, sobre a cultura de maracujá foi verificado  $2,9 \text{ cmol}_c \text{ dm}^3$ , visto como um valor médio.

A saturação por bases (V%) possui uma estreita relação entre a soma da base, CTC e, principalmente, a presença do  $\text{Al}^{3+}$  (RONQUIM, 2010). O valor da saturação por base mais adequado para o solo corresponde a níveis maiores que 60% (CORRÊA, 2007; ANDRADE, 2010). Sobre os valores encontrado para a saturação por bases (V%), foi encontrado para a

cultura de abacaxi (P1) a saturação por bases igual a 24,9% que ocupam os pontos de troca de cátions nos coloides, isso pode ser explicado pelo índice de saturação por  $Al^{3+}$  23,6%. Já na propriedade 2, em que os valores de saturação por  $Al^{3+}$  foram menores, as culturas de melancia e maracujá tiveram resultados de teores de saturação por bases maiores, com 34,9% e 37,1% respectivamente. De acordo com a classificação de Alvarez et al. (1999), esses valores são considerados baixos.

Em relação aos valores de sódio (Na), esses se apresentaram com índices baixos, considerados pertencentes aos solos não sódicos (AMORIM et al., 2010; PREZOTTI, 2013). A porcentagem de sódio trocável ideal para os solos é que seja menor de 15% (GHEYI et al., 2016). A cultura de abacaxi (P2), teve como resultado de Na igual 0,11  $cmol_c dm^{-3}$  e PST<sup>12</sup> igual a 1,20%. Já na propriedade 2, a cultura de melancia foi verificada com o sódio igual 0,05 e PST referente a 0,51%, sobre a cultura de maracujá foi encontrado 0,06  $cmol_c dm^{-3}$  de Na e PST igual a 0,88%. O que indica, junto com os valores de pH e SB encontrados, que os solos estavam com baixos teores de sais. Valores de Na próximos aos verificados, foram encontrados por Filho (2003) e Santos (2005).

De acordo com Malavolta (1980), solo com pH abaixo de 5,5 já existe a necessidade de usar o procedimento de corretivo. Os resultados das propriedades químicas observadas, além do pH, indicam a baixa concentração de cátions básicos, que são essenciais para o desenvolvimento da planta. A técnica de adição de calcário eleva o pH e fornece nutrientes ao solo, principalmente elementos básicos como cálcio e magnésio, e em grande parte, a ação desse corretivo é restrita à camada de 0-20 cm do solo (RHEINHEIMER et al., 2000; RAMOS et al., 2006), o aumento do pH através do processo de calagem no solo foi observado como resultado positivo no estudo de Caires (2002).

A partir desses resultados e considerações, conclui-se também sobre a necessidade de adotar ao sistema de plantio algumas práticas que favorecem a composição do solo e o desenvolvimento das culturas estudadas, como realização de uma aeração bem sucedida nos 30 cm do solo antes do plantio (EMBRAPA, 2006), aplicação do calcário e/ou gessagem<sup>13</sup> dois meses antes do plantio (RESENDE, 2008).

A realização de adubação orgânica após dias prolongados de precipitação, já que tais culturas possuem suas raízes com concentrações em 30 cm de profundidade do solo, e os

---

<sup>12</sup> Porcentagem de Sódio Trocável (PST):  $Na/CTC \times 100$

<sup>13</sup> A aplicação da gessagem permite o fornecimento dos elementos de nutrição sem a alteração do pH do solo, sendo bastante útil caso o solo já esteja com o pH adequado e dentro da tolerância da cultura (EMBRAPA, 2008).

elementos nutrição são lixiviados com maior frequência em solos arenosos (EMBRAPA, 2007), visto que a pluviosidade média anual da área de estudo é de 1015 mm, com maiores precipitações distribuídas de novembro a março (CLIMA-DATA.ORG, 2018); necessário, também, a retirada de plantas daninhas (matos) que competem com as culturas, sendo prejudicial para a retenção de elementos nutritivos (RESENDE, 2008).

Além disso, a necessidade de proteger o solo através de restos de vegetações, como palha, ou até mesmo com os restos vegetais da cultura ao fim da colheita ou das próprias plantações daninhas retiradas, isso ajudará manter a conservação do solo, contribuirá para o armazenamento da água e dos nutrientes no solo (EMBRAPA, 2006). Os materiais vegetais, mantidos na superfície do solo, podem exercer efeitos positivos sobre a acidez, aumentando o pH e reduzindo o teor de alumínio associado ao complexação orgânica e, além disso, possibilita o maior teor de matéria orgânica na superfície do solo, contribuindo para o da CTC do solo, ao proporcionar concentrações de cátions trocáveis, mesmo em solo acidez elevada (CAIRES, 2002).

## 6.2 Análise Física dos solos

### Análise laboratorial: granulometria

Os resultados da análise física do solo (Quadro 15) sobre as duas propriedades, foram verificados valores de granulometria (areia total, silte e argila) poucos diferenciados, porém, as duas propriedades foram classificadas texturalmente como arenosas. Sobre a propriedade 1, em Água Preta, o valor da areia total encontrado foi de 90 %, 7 % de silte e argila igual a 3 %. Já em Sabonete, na propriedade 2, o valor da areia total foi maior do que na propriedade 1 chegando a 94 % e os valores determinados de silte e argila apresentaram concentrações menores dos que ocorreram na propriedade 1, tendo como resultados 4% e 2%, respectivamente.

**Quadro 15. Resultado da análise física (Granulometria)**

Propriedade	Areia Total	Silte	Argila
	%		
<b>P1 - Água Preta</b>	90	7	3
<b>P2 - Sabonete</b>	94	4	2

Ao observar esses valores (Quadro 15), percebe-se que a P1 se distingue muito pouco da P2, a diferença está na presença da menor quantidade de areia e maiores quantidades de silte

e argila. A relevância de se conhecer os valores granulométricos e a classificação, está na possibilidade de informar sobre mecanismos que governam a funcionalidade dos solos, como os processos hidrológicos, representados pela taxa de infiltração, escoamento superficial e drenagem (REINERT, 2006; FILIZOLA, 2006), indicam um pouco sobre o estado químico em que o solo se apresenta, através da capacidade de retenção de nutrientes (MALAVOLTA, 1980) e ao uso e manejo apropriado do solo, ou seja, por orientar sobre a irrigação e aeração do solo, já que essas atividades de manejo, quando são levadas em consideração no preparo do solo, também afetam positivamente nas condições de fertilidade (TIBAU, 1983) .

### Classificação da textura dos solos a partir do triângulo textural

A partir dos valores granulométricos, o solo de cada propriedade foi classificado a partir da utilização do triângulo textural, as duas propriedades apresentaram a mesma classificação textural. A figura 15 representa os valores granulométricos da P1, representados no triângulo textural, com as interseções das linhas de argila, silte e areia dentro da classe de areia do triângulo. O mesmo fato acontece na figura 16, em que os valores granulométricos da P2 estão representados no triângulo e as interseções das linhas ocorreram dentro da classe de areia.

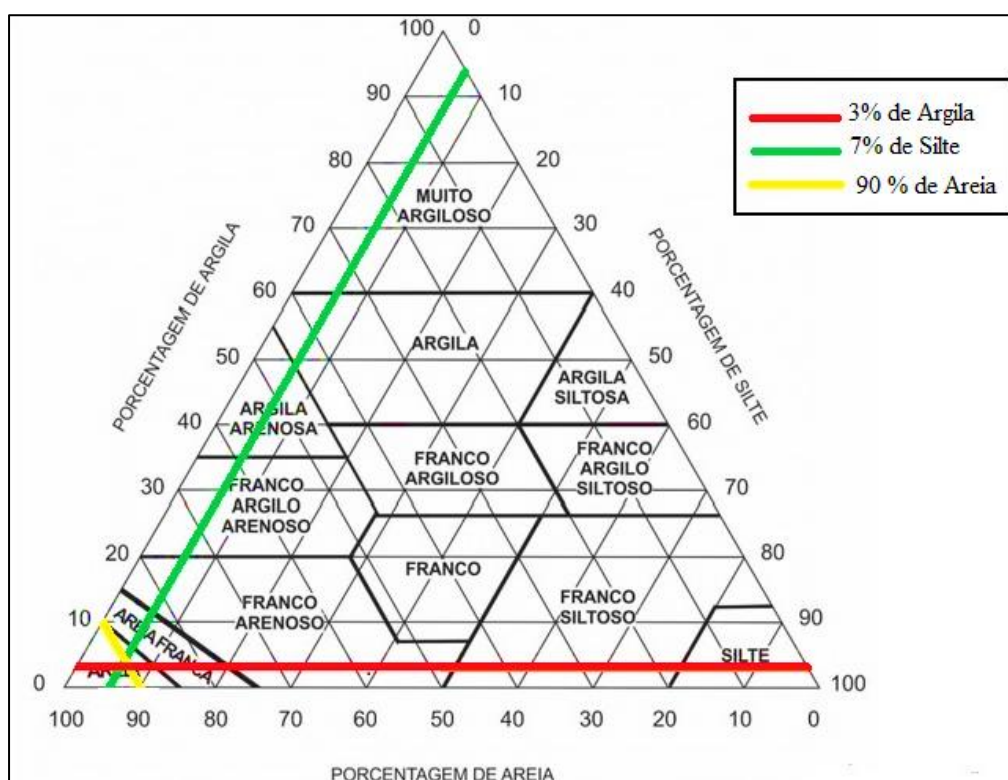


Figura 16. Triângulo de classificação textural do solo da propriedade 1 em Água Preta.

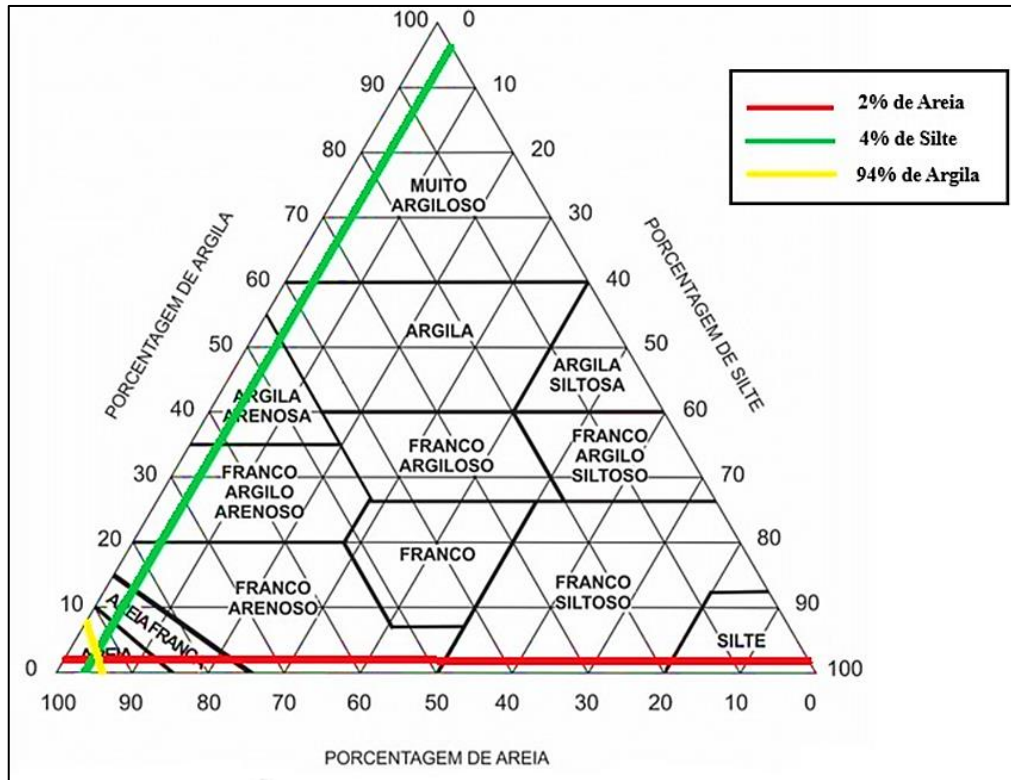


Figura 17. Triângulo de classificação textural do solo da propriedade 2 em Sabonete.

O solo da P2 é atribuído à uma drenagem mais intensa em comparação a P1, devido a maior quantidade de areia, já que poros com maiores tamanhos ocasiona na menor retenção da água no solo (FARIAS, 2005), porém, a P1 possui o solo com maior retenção de elementos como a matéria orgânica ( $35,3 \text{ g dm}^{-3}$ ), por possuir maiores quantidades de silte e argila, devido ao fato da adsorção da matéria orgânica aos coloides (BARROS,2013), caso que também foi verificado no estudo de Lepsch et al. (1982).

Segundo Reinert (2006), é difícil definir um solo como fisicamente ideal devido à natureza das variações físicas dos solos que ocorrem ao longo da profundidade do solo, na superfície, paisagem e ao longo do tempo, entende-se que um solo é considerado fisicamente ideal para o crescimento das plantas quando apresenta boa retenção de água, bom arejamento, bom suprimento de calor e pouca resistência ao crescimento radicular.

Os resultados da análise física realizada neste trabalho, representam bem as características granulométricas do Espodosolos e Neossolo Quartzarênico, já que apresentaram grande porcentagem de areia e porcentagem bem menores de silte e argila. De acordo com Valente (2001) esses solos apresentam certas dificuldades físicas para a realização da agricultura por apresentarem como característica própria o excesso de areia e são

imperfeitamente ou mal drenados. Outros estudos sobre a área ou sobre as mesmas classes de solos também constataram valores semelhantes, analisados por Filho (2003), Mendonça-Santos (2007) e Benites (2001).

## 7. Conclusão

O solo é um recurso natural que documenta em sua composição as propriedades químicas e físicas que atuam/atuam durante determinado tempo, também, é marcado pela interferência da atividade antrópica, principalmente por meio da atividade agrícola. O desenvolvimento do estudo possibilitou levantar, através das análises químicas e físicas, algumas informações sobre a fertilidade e acidez dos solos agrícolas de São João da Barra.

As técnicas estatísticas contribuíram de forma positiva para o entendimento da distribuição do conjunto de dados coletados *in situ* com a plantação da cultura de abacaxi, em Água Preta, já que obteve diferentes valores de pH, desde ácido ao alcalino, porém, as medidas de tendências centrais tiveram seus valores dentro da classificação de acidez fraca e neutralidade, com média igual 6,8 e moda igual a 7,0. Essa média confirma a atuação da calagem no solo e do uso de fertilizantes utilizados pelo agricultor. Uma vez que, após três meses da colheita do plantio e já com o solo exposto, com a realização da análise de pH em água (análise laboratorial) o valor foi igual 5,0, assim como foi encontrado o alto índice de acidez potencial e do maior valor de saturação por alumínio entre as culturas analisadas, confirmam a acidez do solo.

A partir da análise química laboratorial, foram encontrados valores, sobre as duas propriedades, de pH em água considerados ácidos, baixos valores de soma de base e CTC. Em resumo, as propriedades químicas analisadas como CTC (T), CTC (t), SB, V%, MO e saturação por alumínio, tiveram seus valores classificados, em maioria, entre baixos e médios variando sobre as culturas, portanto, indicaram a acidez do solo e a baixa fertilidade. Essa acidez é característica dos Espodossolos e Neossolos Quartzarênico presentes na área de estudo, assim como a baixa fertilidade.

Em relação à salinização, teores de sais solúveis considerados como mais atuantes no processo de salinização, como  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$  e  $Na^+$ , foram verificados pelos valores de pH, SB e pela porcentagem de saturação de sódio trocável (PST), todos esses indicadores de sais e do sódio tiveram valores baixos, portanto, pode-se entender que os solos analisados não possuem problemas de fertilidade com relação ao processo de salinização do solo.

Sobre a análise física dos solos, as duas propriedades foram classificadas com a textura arenosa, a granulometria indicou a sobreposição do valor de areia, com mais de 90%. As três culturas são apropriadas a classe textural encontrada, por essas serem melhores atribuídas às atividades dos solos arenosos. Contudo, também revelaram que é preciso levar em conta a drenagem do solo, devido esses solos apresentarem como característica os poros maiores que ocasionam em uma drenagem mais rápida e, conseqüentemente, ocorre a lixiviação de nutrientes.

Diante das variáveis químicas e física analisadas para o entendimento da fertilidade dos solos, entende-se que os resultados consideram os solos como ácidos e de baixa fertilidade, devido às próprias características individuais que compõem esses solos e as influências das condições do ambiente em que estão situados. Além disso, as técnicas de manejo adotadas pelos agricultores não são suficientes para ajustar a fertilidade e acidez do solo para condições favoráveis ao desenvolvimento da cultura, portanto, é necessário adicionar novas técnicas de manejo antes e durante a cultura, como aeração do solo antes do plantio, realização da calagem aos três meses antes do plantio, adubação orgânica após períodos prolongados de chuva, retirada de plantas daninhas e manter o solo protegido com restos de vegetais.

Os objetivos apresentados neste trabalho foram alcançados, juntamente com a metodologia utilizada. Entende-se que devido a importância de estudar e compreender a dinâmica do solo e a sua relação com a agricultura, é necessário que outros estudos sejam realizados sobre esses solos e busquem identificar melhorias que atendam à boa fertilidade do solo para o uso agrícola, com a reposição de nutrientes, e considerar estratégias para sua conservação.

Este estudo é relevante por estabelecer o conhecimento entre propriedades físicas e químicas dos solos analisados e sua relação com as atividades agrícolas realizadas pelos pequenos produtores de São João da Barra, contribui com informações que podem colaborar para resultados positivos para a produção agrícola. E também, para o entendimento entre as classes de solo Espodossolo e Neossolo Quartzarênico com a relação à agricultura, já que são classes consideradas de baixa fertilidade e aptidão agrícola. É necessário que os resultados aqui obtidos sejam repassados à sociedade e à academia, como via de informação e contribuições sobre as questões dos solos, de fertilidade e de sua conservação, visto que o solo é um recurso dinâmico, de extrema importância para as demais interações ambientais da natureza e para o desenvolvimento da humanidade.

## 8. Referências

- AB'SÁBER, A. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo. 2003
- ALVAREZ V., V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F. de; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. **Interpretação dos resultados das análises de solos**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 25-32.
- AMORIM, J. R. A; CRUZ, M. A. S; RESENDE, R. S.; BASSOI, L. H.; FILHO, J. G. S. **Espacialização da porcentagem de sódio trocável do solo no Perímetro Irrigado Califórnia, em Canindé de São Francisco, Sergipe**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2010. 17 p. Boletim de Pesquisa / Embrapa Tabuleiros Costeiros, ISSN 1678-1953; 61
- ANDRADE, S. F de. **Mapeamento digital da fertilidade do solo das regiões Norte, Noroeste e Serrana do Estado do Rio de Janeiro**. Tese. (Doutorado em Geoquímica Ambiental). Instituto de Química, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2010.
- ANDRADE, S. F.; MENDONÇA-SANTOS. M. de L. Predição da fertilidade do solo do polo agrícola do Rio de Janeiro por meio de modelagem solo x paisagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.51, n.9, p.1386-1395, set. 2016.
- ARYSTA LifeScience. **Revista 03**. 2018. Disponível em: [https://cloud.cnpgc.embrapa.br/wpcontent/igu/fispq/campoexperimental/Orthocide%20500%20Rev.03\(Arysta\).pdf](https://cloud.cnpgc.embrapa.br/wpcontent/igu/fispq/campoexperimental/Orthocide%20500%20Rev.03(Arysta).pdf) . Acesso em: 12/05/2018.
- BARROS, J. D. S. **Contribuições da matéria orgânica do solo para mitigar as emissões agrícolas de gases de efeito estufa**. UERJ. *Polêmica*, v. 12, n.2, 2013.
- BAUMGARTNER, J. G. et al. Nutrição mineral de hortaliças. In: **Anais da E. S. A.** “Luiz de Queiroz”, 1976. p. 513-541.
- BENITES, V.M.et al. **Caracterização da matéria orgânica e micromorfologia de solos sob campos de altitude no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro (MG)**. R. Bras. Ci. Solo, 25:661-674, 2001.
- BERNARDI, A.C; MACHADO, P. Uso Agrícola dos Solos do Brasil e Balanço de Nutrientes.In: NIELSON, H. et al. **Minerales para la agricultura em latinoamrica**. 2005.
- BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global. **R. RA E GA**. Editora: UFPR, Curitiba, n. 8, p. 141-152, 2004.
- BORTOLUZZI, E. C. Contribuições de constituições de solo à capacidade de troca de cátions obtida por diferentes métodos de extração. **R. Bras. Ci. Solo**, 33:507-515, 2009.
- BRADY, N. C. **Elementos da Natureza e Propriedades dos Solos**. 3. ed. – Porto Alegre: Bookman, 2013.



BRANDÃO, S.; LIMA, S. pH e condutividade elétrica em solução do solo, em áreas de pinus e cerrado da chapada do município de Uberlândia (MG). **Caminhos de Geografia**, Jun/2002. p.47-56

BRITO, M. T. L de. **Avaliação espacial de atributos químicos do solo no semiárido**. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal), Centro de Saúde e tecnologia rural – UFCG, 2010.

BURLA, R. S.; OLIVEIRA, V. P. S.; MANHÃES, C. M. C. Caracterização dos aspectos socioeconômicos e do processo produtivo agrícola dos produtores rurais da microbacia do Rio Doce, São João da Barra, RJ. **Vértices**. Campos dos Goytacazes, v. 17, n. 1, p.149-162, 2015.

CAIRES, E. F. et al. Correção da acidez do solo, crescimento radicular e nutrição do milho de acordo coma calagem na superfície de sistema de plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, 26:1011-1022, 2002

CAMARGO, O. A.; RAIJ. B. V.; VALADARES, J. M. da S.; Avaliação da capacidade de troca de cátions em solos utilizando o método do tampão SMP. **Bragantina**, Campinas. Vol.41, Art. 12, 1982.

CAMPOS, M. C. C. Relações solo-paisagem: conceitos, evolução e aplicações. **Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**, V. 8 N. 3, set./dez. 2012.

CARDOSO, E. L. **Análise de Solos: Finalidade e Procedimentos de Amostragem**. ISSN 1981-7231, 2009, Corumbá, MS.

CARVALHO, J. R. P de.et al. Geoestatística na determinação da variabilidade espacial de características químicas do solo sob diferentes preparos. **Pesq. agropec. bras**, Brasília, v. 37, n. 8, p. 1151-1159, ago. 2002

CATEN, A. **Aplicação de componentes principais e regressões logísticas múltiplas em sistemas de informações geográficas para a predição e o mapeamento digital de solos**. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Centro de Ciências Rurais - UFSM, Santa Maria, RS, Brasil, 2008.

CAVALCANTE, E.; ALVES, M.; SOUZA, Z.; PEREIRA, G. Variabilidade Espacial de atributo químicos do solo sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 31:1329-1339, 2007

CESÁRIO, R. Planejamento estratégico em São João da Barra (RJ): o desenvolvimento urbano sob a ótica do plano diretor de 2006. UENF, 2014.

CHAMBERS, John, et al. **Graphical Methods for Data Analysis**. Wadsworth.1983.

CHAVES L. H. G.; TITO G. A.; CHAVES I. B.; LUNA J. G. e SILVA P. C. M. Propriedades químicas do solo aluvial da Ilha de Assunção – Cabrobó (Pernambuco). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 28:431-437, Viçosa. maio/jun. 2004.

CLIMA-DATA.ORG: <https://pt.climate-data.org/location/33684/>. Acesso em: 23, jun, 2018.

COELHO, A. M. **Amostragem de Solos: a base para a aplicação de corretivos e fertilizantes**. ISSN 1679-0162. 2002, MG.

CONTI, J. B. Resgatando a “Fisiologia Da Paisagem. **Revista do Departamento de Geografia da Universidade Federal de São Paulo - USP**, v. 14, 2001.

COOPER, M. 2008. **Degradação e Recuperação de Solos**. Piracicaba, 31p.

CORRÊA, J. B. et al. Índice de saturação por bases na nutrição e na produtividade de cafeeiros “Catuaí Vermelho”. **Coffee Science**, Lavras, v. 2, n. 2, p. 159-167, jul./dez. 2007

EIA. Estudo de Impacto Ambiental. **Infraestruturas do Distrito Industrial de São João da Barra**. São João da Barra: Ecologus, 2011. Disponível em: <http://ceivap.org.br/downloads/eia%20rima/EIA%20%20DISJB/Volume%20II/VI.%20Diagnostico/VI.3.%20Geologia,%20Geomorfologia%20e%20Solos.pdf>. Acesso em: 14 maio de 2006.

EMBRAPA. A cultura da melancia. 2. ed. **rev. amp.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. p. 85

EMBRAPA. A cultura do abacaxi. 2. ed. **rev. amp.** – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. p.91

EMBRAPA. A cultura do maracujá. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. p.76

EMBRAPA. **Amostragem e cuidados na coleta de solo para fins de fertilidade**. Organizadores: ARRUDA, M.R; MOREIRA, A.; PEREIRA, J. C.– Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, Documentos 115, 2014.

EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. rev. ampl. - Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2. ed. rev. atual. – Rio de Janeiro, 1997

FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas**. Lavras: UFLA / FAEPE, 2005.

FARIAS, J. R. B. **Água em solos arenosos: Estabelecimento de déficit hídrico em culturas**. Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil. Documentos, 265. Embrapa Soja, 2005.

FERNANDES, M. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006.

FERNANDES, R. A matéria orgânica do solo. **Dossier técnico**. Vida Rural, 2016.

FERREIRA, R. P. **Toxidez de alumínio em culturas anuais**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2006.

FILHO, A. de C. et al. **Levantamento de reconhecimento de baixa intensidade dos solos do Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003. 197 p. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 32).

FILIZOLA, H.F. et al. **Indicadores físicos e químicos de qualidade de solo de interesse agrícola**. EMBRAPA. Jaguariúna, 2006.

FOTH, H. D. **Fundamentals of Soil Science**. 8th ed. Canadá, 1990.

FROLOVA, M. Los passajes del Cáucaso em la geografía russa: entre el modelo científico y la representación sócio – cultural. **Cuadernos geográficos**, 38, 2006.

GERHARDT, T.; SILVEIRA, D. **Métodos de pesquisa**. UFRGS. – Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GHEYI, H. R. et al. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudo básico e aplicados**. 2 ed. Fortaleza, INCTSal, 2016. p. 504

IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. **Cidades**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/sao-joao-da-barra/pesquisa/24/76693>>. Arquivo consultado em 11 de Junho de 2018.

JARAMILLO, D. **Introducción a la ciencia de los suelos**. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias Medellín, 2002.

JENNY, H. **Factors of soil formation: a system of quantitative pedology**. DOVER PUBLICATIONS, INC. New York, 1994.

JUNIOR, J. A. L.; SILVA, A. P. Estudos de processos de salinização para indicar medidas de prevenção de solos salinos. Centro Científico Conhecer. **Enciclopédia Biosfera**. 2010

KETTERINGS, Q. **NRCCA Soil Fertility & Nutrient Management**. 2016

KIEHL, E. J. **Manual de Edafologia**. Editora: CERES. São Paulo, SP, 1979.

KOBIYAMA, M.; MINELLA, J. P. G.; FABRIS, R. Áreas degradadas e sua recuperação. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v.22, n.210, 2001. p.10-17.

LAMAS, F. M.; FERREIRA, A. C. B.; LA TORRE, E. J. R.; STAUT, L. A. Sistema Plantio Direto e Convencional: efeito na produtividade de fibras de três cultivares de algodoeiro. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 3, n. 2, p. 34-40, abr./jun. 2016.

LATINI, J. **A Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) enquanto instrumento participativo e preventivo no contexto do neodesenvolvimento: o caso do Complexo Logístico Industrial do Porto do Açú (CLIPA)**. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais), UENF, 2016.

LEITE, D. **Análise de macro e micronutrientes e estudo comparativo de solo inerte para processo de biorremediação**. Canoas, 2010.

- LEPSCH, I. **19 lições de pedologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.
- LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.
- LEPSCH, I. F.; SILVA, N. M.; ESPIRONELO, A. **Relação entre matéria orgânica e textura de solos sob cultivo de algodão e cana-de-açúcar, no estado de São Paulo**. Bragantia. 1982, vol.41, n.1, p.231-236
- LOPES, A. Manual internacional de fertilidade do solo. 2 ed. **rev e amp**. Piracicaba, 1998. p. 177.
- LUMBRERAS, J. F. et al. **Zoneamento agroecológico do Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003. 148 p. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n. 33).
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1980.
- MANSUR, K. **Diagnóstico do meio físico da bacia hidrográfica do rio Doce /Canal Quitungute (BHRD)**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. 59 p. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n. 62).
- McKENZIE, J. R.; WINIWARTER, V. Breaking the Sod: Humankind, History and Soil. *Science*. v. 304, 2004, p. 1627-1629.
- MELLO, G.; BUENO, C.; PEREIRA, G. Variabilidade espacial das propriedades físicas e químicas do solo em áreas intensamente cultivadas. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, v.10, n.2, p.294–305, 2006
- MENDONÇA-SANTOS, M. L.; SANTOS, H. G.; DART, R. O.; PARES, J. G. **Modelagem e mapeamento digital de estoque de carbono orgânico na camada superficial dos solos (0-10 cm) do Estado do Rio de Janeiro**. 2007.
- MESQUITA, M.G.B.F.; MORAES, S. O; CORRENTE, J. E. Caracterização estatística de variáveis físicas do solo. *Acta Scientiarum: Agronomy*. Maringá, v.25, n. 1, p. 35-44, 2003
- MEURER, E. J. **Fundamentos de química do solo**. 3. ed. Porto Alegre: Editora Evangraf, 2006. 285 p.
- MEURER, E. J. **Fundamentos de química do solo**. Porto Alegre:Gênesis, 2004. 290p.
- MONTANARI, R.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G.T.; SOUZA, Z.M. Forma da paisagem como critério para otimização amostral de latossolos sob cultivo de cana-de-açúcar. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.40, p.69-77, 2005.
- MOREIRA, R. **Pensar e Ser em Geografia: ensaios de história, epistemologia e ontologia do espaço geográfico**. 2. ed., 1º reimpressão. – São Paulo: Contexto, 2013

NAKASHIMA, M.; ALVES, G.; BARREIRO, A.; & NETO, J. Dos solos à paisagem: uma discussão teórica – metodológica. **Revista da Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Geografia (Anpege)**. V.13, n.20, jan./abr. 2017.

NICOLODI, M. et al. Indicadores de acidez do solo para recomendações de calagem no sistema de plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, 32:237-247, 2008.

NOLLA, A. Métodos utilizados para a correção da acidez do solo no Brasil. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Vol. 6, no 1, Jan/Jun 2004.

OLIVEIRA, J. **Pedologia aplicada**. 4. Ed. Piracicaba: FEALQ, 2011. 592 p

PAES, R; ZAPPES, C. Agricultura familiar no norte do estado do rio de janeiro: identificação de manejo tradicional. *Revista Soc. & Nat.*, Uberlândia, 28 (3): 385-395, set/dez/2016

PEDROTTI, A.; CHAGAS, R.; RAMOS, V.; PRATA, A.; LUCAS, A.; SANTOS, P. Causes and consequences of the process of soil salinization. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria*, v. 19, n. 2, mai-ago. 2015, p. 1308-1324. **Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas – UFSM**.

PEREIRA, M. G. **Parâmetros relacionados à acidez em solos do Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1998.

PREMAZZI, L. M; MATTOS, H. B. Saturação por bases como critério de para recomendação de calagem em duas espécies de gramíneas tropicais. **B. Industr.anim**, N. Odessa, v.59, n.2, p.125-136, 2002.

PREZOTTI, L. C. **Guia de interpretação de análise de solo e foliar**. Vitória, ES: Incapaer, 2013.p.104

QUAGGIO, J. A. **Acidez e calagem em solos tropicais**. Campinas, SP: Instituto Agrônomo, 2000. p. 111

RAIJ, B. **Avaliação da fertilidade do solo** - Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato: Instituto Internacional da Potassa, 1981.

RAMOS, L. Reatividade de corretivos da acidez e condicionadores de solo em colunas de lixiviação. **R. Bras. Ci. Solo**, 30:849-857, 2006

REINERT, D. J. et al. **Propriedades físicas do solo**. Universidade Federal de Santa Maria, 2006.

RESENDE, A **Manejo do solo, nutrição e adubação na plantação de maracujazeiro-azedo na região do Cerrado**. Planaltina. DF: Embrapa Cerrados, 2008. p.34

RESENDE, M. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. 5.ed. Lavras: Editora UFLA, 2007.

RHEINHEIMER, D. S. **Alteração de atributos do solo pela calagem artificial e incorporada a partir de pastagem natural**. R. Bras. Ci. Solo, 24:797-805, 2000

RIBEIRO, A. C. et al. **Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa, MG, 1999. P. 319

RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010.

SANTOS, R. D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5 ed. revista e ampliada Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. p.110

SBCS. Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. **Comissão de Química e Fertilidade do Solo**. - 10. Ed. Porto Alegre, 2004

SILVA, J. Quantidade de abacaxi ofertada no mercado atacadista do município do Rio de Janeiro no período de 1990 a 2013. **PESAGRO-RIO** - Nº 20 - agosto/2014 - Niterói – RJ

SILVA, J. Quantidade de abacaxi ofertada no mercado atacadista do município do Rio de Janeiro no período de 1990 a 2013. **PESAGRO-RIO** - Nº 20 - agosto/2014 - Niterói – RJ.

SOUZA, Z.; JUNIOR, J.; PEREIRA, G.; MOREIRA, L. Variabilidade espacial do pH, Ca, Mg e V% do solo em diferentes formas do relevo sob cultivo de cana-de-açúcar. **Ciência Rural**, v.34, n.6, p.1763-1771, nov-dez, 2004.

STATISTOF in (2018). STATISTICA. Disponível em:<  
<http://www.statsoft.com/Products/STATISTICA-Features>>. Acessado em: 19 jun de 2018.

TEIXEIRA, P. C. et al. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2017.

TIBAU, A. O. **Matéria orgânica e fertilidade do solo**. São Paulo: Nobel, 1983. 172 p.

TOMÉ Jr, J. B. **Manual para Interpretação de Análise de Solo**. Editora Guaíba: Agropecuária, 1997.

TRIOLA, M. F. **Introdução à estatística**. Editora: TC. 7ª ed. 1999. p. 1150

VALENTE, M. A. **Solos e Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras do Município de Castanhal, Estado do Pará**. EMBRAP, 2001. ISSN 1517-2201

VELOSO, C. **Amostragem de solo e planta para análise química**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2006.

YAALON, D. H. (2000). Down to earth: Why soil and soil science matters. **Nature**, 407, 301.

ZAMBROSI, F. C. B. et al. Teores de alumínio trocável e não trocável após calagem e gessagem em latossolo sob sistema de plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v.66, n.3, p.487-495, 2007.