

**UFRRJ  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARBORIZAÇÃO  
URBANA**

**MONOGRAFIA**

**SOLOS URBANIZADOS E SUA INFLUÊNCIA NO  
DESENVOLVIMENTO DE RAÍZES DE ÁRVORES EM VIA  
PÚBLICA:UM ESTUDO DE CASO**

**ROSÂNGELA DA SILVA COSTA**

2024



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARBORIZAÇÃO  
URBANA**

**SOLOS URBANIZADOS E SUA INFLUÊNCIA NO  
DESENVOLVIMENTO DE RAÍZES DE ÁRVORES EM VIA  
PÚBLICA: UM ESTUDO DE CASO**

**ROSÂNGELA DA SILVA COSTA**

*Sob a Orientação do Professor*  
**EDUARDO VINÍCIUS DA SILVA**

Monografia submetida como requisito  
básico para obtenção do grau de  
**Especialista em Arborização Urbana**,  
pelo Programa de Pós-Graduação em  
Arborização Urbana do Instituto de  
Florestas da UFRRJ.

Seropédica, RJ  
Maio de 2024



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA



DOCUMENTOS COMPROBATÓRIOS Nº 12845 / 2024 - DeptSil (12.28.01.00.00.00.00.31)

Nº do Protocolo: 23083.041246/2024-40

Seropédica-RJ, 09 de agosto de 2024.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARBORIZAÇÃO URBANA (*Lato sensu*)

Termo de aprovação da defesa de Monografia de ROSÂNGELA DA SILVA COSTA

Monografia submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Especialista em Arborização Urbana, no Curso de Pós-Graduação em Arborização Urbana (*Lato sensu*) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

MONOGRAFIA APROVADA EM 22/05/2024

\_\_\_\_\_  
Presidente

\_\_\_\_\_  
Primeiro Examinador

\_\_\_\_\_  
Segundo Examinador

(Assinado digitalmente em 09/08/2024 10:40 )  
EDUARDO VINICIUS DA SILVA  
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR  
DeptSil (12.28.01.00.00.00.00.31)  
Matrícula: 1917684

(Assinado digitalmente em 09/08/2024 10:42 )  
JOSE CARLOS ARTHUR JUNIOR  
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR  
DeptSil (12.28.01.00.00.00.00.31)  
Matrícula: 2270076

12/08/2024, 07:51

sipac.ufrj.br/sipac/protocolo/documento/documento\_visualizacao.jsf?idDoc=1635994

*(Assinado digitalmente em 10/08/2024 23:18 )*

FLAVIO PEREIRA TELLES  
ASSINANTE EXTERNO  
CPF: 747.344.827-72

Visualize o documento original em <https://sipac.ufrj.br/public/documentos/index.jsp>  
informando seu número: **12845**, ano: **2024**, tipo: **DOCUMENTOS COMPROBATÓRIOS**, data de  
emissão: **09/08/2024** e o código de verificação: **2d350e3cd0**

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

C838s Costa, Rosangela da Silva, 19/09/1979-  
SOLOS URBANIZADOS E SUA INFLUÊNCIA NO  
DESENVOLVIMENTO DE RAÍZES DE ÁRVORES EM VIA PÚBLICA:  
UM ESTUDO DE CASO / Rosangela da Silva Costa. - João  
Pessoa-PB, 2024.  
26 f.: il.

Orientador: Eduardo Vinícius da Silva.  
Monografia(Especialização). -- Universidade Federal  
Rural do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em  
Arborização Urbana, 2024.

1. Antropossolos. 2. Passeios públicos. 3.  
Impermeabilidade. 4. Morfologia radicular. 5.  
Arborização. I. Silva, Eduardo Vinícius da, 25/05/1981  
, orient. II Universidade Federal Rural do Rio de  
Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Arborização Urbana  
III. Título.

## **DEDICATÓRIA**

*Dedico este trabalho primeiramente A Deus, por ser autor e consumidor da minha fé, além de meu guia, socorro presente em todos os momentos da minha existência, a minha Família pela paciência e pelos dias de lazer que esperaram para que eu pudesse estudar.*

*Dedico este trabalho especialmente ao Meu Esposo, que muitas vezes cuidou do nosso pequeno para que eu continuasse com os objetivos do curso.*

## **AGRADECIMENTOS**

*Ao Curso de Pós-graduação em Arborização Urbana da UFRRJ, que contribuiu para subida de mais um de grau no caminho do conhecimento.*

*Aos Professores que dedicaram o seu tempo para participar do meu crescimento profissional, contribuindo ricamente para internalização dos conteúdos e conceitos importantes da área.*

*Aos Novos Amigos que conheci nessa jornada e que permanecerão na minha vida por muito tempo.*

*Ao meu Orientador que ajudou a tornar um sonho possível, abraçando os desafios propostos para confecção deste trabalho.*

*A Todas as Instituições que de alguma forma proporcionaram a realização desse sonho que há tempos estava adormecido.*

*A Prefeitura Municipal de Cachoeiras de Macacu-RJ, pela oportunidade de aplicar todos os conhecimentos adquirido nessa jornada de aprendizado, desafios e descobertas.*

## **BIOGRAFIA**

*Rosângela da Silva Costa, nasceu na Cidade de João Pessoa, localizada no Estado da Paraíba, cresceu na Cidade de Santa Rita, concluindo o Ensino médio no Liceu Paraibano. Cursando graduação em Agronomia na Universidade Federal da Paraíba, Campus de Areia, a qual foi concluindo no ano de 2004. No ano de 2005 foi aprovada no curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande e, no ano de 2007 deu início ao curso de Pós-graduação em Agronomia pela UFPB para obtenção do Título de Doutora em Agronomia.*

*Já trabalhou como Docente da Universidade do Estado do Amazonas e do Instituto Federal do Amazonas, tais trabalhos fomentaram a cursar uma nova graduação, agora em Licenciatura em Ciências Biológicas concluído em 2022. Voltou a sala de aula mais uma vez, para realizar um antigo sonho em se tornar especialista em Arborização Urbana, área que foi assunto do primeiro estágio quando outrora era estudante de Agronomia. Atualmente trabalha na área de Controle Ambiental e Manejo de árvores Urbanas na Prefeitura Municipal de Cachoeiras de Macacu-RJ, cidade que escolheu como casa.*

## RESUMO

COSTA, Rosângela da Silva. **Solos urbanizados e sua influência no desenvolvimento de raízes de árvores em via pública: um estudo de caso.** 2024. 28 p. Monografia (Programa de Pós-Graduação em Arborização Urbana). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2024.

O estudo foi realizado em uma localidade do Município de Cachoeiras de Macacu-RJ, conhecida como Papucaia, especificamente no primeiro quarteirão da Avenida Paulo Francisco Torres. No local foram avaliadas duas árvores da espécie *Moquilea tomentosa* Benth. (oiti), que apresentavam muitas raízes superficiais, quebrando toda estrutura do passeio público, como também parte de estrutura privada existente no local. Após determinadas as coordenadas em UTM, de localização da árvore 1 (732257.161E7498637.117N 23K) e árvore 2 (732268.313 E 7498638.587 N 23K), as mesmas foram submetidas a uma avaliação nível 2 (ABNT NBR16246-3: Avaliação de Risco de Árvores), com maior especificidade nos parâmetros avaliados. Também foi aplicado um formulário de Avaliação de Risco de queda utilizando-se a metodologia TraQ em português (Tree Risk Assessment Qualification (*ISA-TRAQ*)). e posteriormente foi realizada a desnudação das raízes para avaliar as causas do desenvolvimento superficial das mesmas. As árvores avaliadas apresentaram modificações na estrutura morfológica das raízes, como também inibição do desenvolvimento vertical, devido a presença de uma camada impermeável formada por piso de paralelepípedo presente em aproximadamente 20 cm de profundidade no perfil do solo.

**Palavras-chave:** Antropossolos, passeios públicos, impermeabilidade, morfologia radicular, arborização.

## ABSTRACT

COSTA, Rosângela da Silva. **Urbanized soils and their influence on the development of tree roots on public roads: a case study**. 2024. 28 p. Monography (Post-graduate Program in Urban Afforestation). Forestry Institute, Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2024.

The study was carried out in a locality in the municipality of Cachoeiras de Macacu-RJ, known as Papucaia, specifically in the first block of Avenida Paulo Francisco Torres. Two trees of the species *Moquilea tomentosa* Benth. (oiti), were assessed at the site, which had many superficial roots, breaking the entire structure of the public sidewalk, as well as part of the existing private structure on the site. After determining the UTM coordinates of tree 1 (732257.161E 7498637.117N 23K) and tree 2 (732268.313 E 7498638.587 N 23K), they were subjected to a level 2 assessment (ABNT NBR16246-3: Tree Risk Assessment), with greater specificity in the parameters assessed. A Fall Risk Assessment form was also applied using the TraQ methodology in Portuguese (Tree Risk Assessment Qualification (ISA TRAQ)). The roots were then stripped to assess the causes of their superficial development. The trees evaluated showed changes in their morphological structure, as well as inhibition of vertical development, due to the presence of an impermeable layer formed by cobblestone flooring present at a depth of approximately 20 cm in the soil profile.

**Keywords:** Anthroposols, public sidewalks, impermeability, root morphology, afforestation



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Mapa de tipos de solos das proximidades de Papucaia, Cachoeiras de Macacu-RJ	15
<b>Figura 2</b> - Localização das árvores avaliadas (google Earth)	16
<b>Figura 3</b> – Árvores de oiti avaliadas. a – árvore de oiti 1; b - árvore de oiti 2.	17
<b>Figura 4</b> - Danos causado pelas raízes e usos do local pela população.	19
<b>Figura 5</b> – Modelo original do Formulário TRAQ utilizado na avaliação das duas árvores de oiti (versão portugues).	19
<b>Figura 6</b> - Imagem de método de escavação arqueológica	20
<b>Figura 7</b> - Desnudação das raízes das árvores de oiti	22
<b>Figura 8</b> - Piso de paralelepípedo	22
<b>Figura 9</b> - Raízes de diferentes tamanhos e formas.	23

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 1</b> – Principais tipos de solos encontrados nas proximidades da área de estudo	14
<b>TABELA 2</b> – Organização das ruas e passeios públicos do Município de Cachoeiras de Macacu-RJ de acordo como Plano Diretor	18
<b>TABELA 3</b> – Características das espécies avaliadas	21

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>12</b>
2.1 Importância das raízes das plantas e a influencia dos solos no seu desenvolvimento	12
2.2 Antropossolos	12
2.3 Métodos de avaliação de raízes	13
2.4 Tipos de solos encontrados nas município de Cachoeiras de Macacu-RJ	14
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>15</b>
3.1 Aspectos gerais sobre o Município e Caracterização da área de Estudo	15
a) <i>Características da espécie avaliada</i>	17
b) <i>Características dos passeios públicos do Município</i>	18
c) <i>Importância das árvores avaliadas para população</i>	18
3.2 Avaliação das árvores	18
a) <i>Metodo de desnudação das raízes</i>	20
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>21</b>
<b>5 CONCLUSÕES</b>	<b>24</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>25</b>

# 1 INTRODUÇÃO

As árvores urbanas geralmente são utilizadas como tema para diversas discussões, devido à grande importância e serviços ambientais que essas proporcionam para o meio urbano. Sendo as vantagens descritas por diversos autores, como redução de ilhas de calor e incidência da radiação solar (Lee e Jim, 2019; Oliveira *et al.*, 2013; Pataki *et al.*, 2011) o que implica diretamente na conservação de mobiliários urbanos, redução da poluição sonora (Oliveira *et al.*, 2018), benefícios para fauna (Figueredo *et al.*, 2022), para o bem-estar (Ulrich, 1981; Takano *et al.*, 2002; Tian *et al.*, 2011; Cong *et al.*, 2022) e qualidade de vida das pessoas que geralmente frequentam esses lugares. Contudo, também podem ser registrados nos ambientes urbanos, vários conflitos que essas árvores podem promover, estando entre eles os relacionados com a fiação elétrica e áreas construídas como também os danos causados pelas raízes, pela queda de folhas, frutos, galhos, e até o pivotamento da árvore.

Os diversos danos causados por raízes de árvores localizadas em áreas urbanas, estão geralmente relacionados ao tipo de espécie existente no local, ao tipo de raiz, as características do solo, a formação inadequada dos berços de plantio e a largura das calçadas. Tudo isso, está aliado ao planejamento da área urbana e consequentemente das calçadas e áreas de circulação. Ou seja, um conjunto de fatores pode influenciar diretamente no desenvolvimento das raízes e os possíveis danos que as mesmas venham causar na estrutura urbana.

Contudo, para entender melhor a dinâmica entre as raízes e solo em área urbana, é necessário conhecer cada estruturas separadamente e suas funções, além das que normalmente são citadas, como por exemplo, sustentação e nutrição. Pois os solos onde as árvores estão inseridas podem influenciar diretamente no desenvolvimento das raízes, principalmente solos localizados em áreas urbanas, por se tratarem na grande maioria de solos que passaram por modificações estruturais pela adição, decapitação ou mobilização de materiais durante o processo de expansão da área urbana. São geralmente caracterizados como solos nutricionalmente e estruturalmente pobres, impermeabilizados, compactados, com pH ácido e com microbiota do solo reduzida, ou seja, solos que apresentam modificações, químicas, físicas e biológicas (Pedron *et al.*, 2007).

Nesse sentido, podemos relacionar o aumento da compactação do solo e densidade nas áreas urbanas as ações antrópicas de expansão urbana além, das características inerentes ao próprio solo. No entanto, ao trazer o olhar para o desenvolvimento das áreas urbanas do Município de Cachoeiras de Macacu-RJ, é possível verificar as constantes adição e/ou mobilização de materiais nessas áreas, com intuito de criar acessos, vias e calçadas. Mesmo assim, o município apresenta 54,7 % da área urbana arborizada (IBGE, 2022), e essas árvores na sua maioria estão presentes em quintais ou em áreas de Preservação Permanente, Unidades de Conservação e parques e reservas. Contudo, nota-se que muitas das árvores existentes na área urbana apresentam fenologia baixa devido à idade ou porque estão contaminadas com plantas hemiparasitas ou parasitas, plantas epífitas, ou devido terem sofrido algum tipo de manejo inadequado. Além disso, não houve o planejamento dessa arborização e hoje tenta-se manter o equilíbrio entre as árvores existentes devido aos serviços ambientais que elas proporcionam, a expansão urbana e as avarias causados pelas árvores no ambiente urbano.

Com isso, o estudo de caso desenvolvido teve como objetivo avaliar os danos causados por raízes de duas árvores de oiti (*Moquilea tomentosa* Benth.) em uma localidade do município de Cachoeiras de Macacu-RJ.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Importância das raízes das plantas e a influencia dos solos no seu desenvolvimento**

Ao observarmos o estudo da evolução do sistema radicular, nota-se que esse foi um marco importante para o desenvolvimento das plantas em ambiente terrestre, e presume-se que isso tenha ocorrido no período Devoniano, ou seja 416 a 360 milhões de anos atrás (Gensel *et al.*, 2001). Nesse sentido, ao longo do tempo as raízes se tornaram um órgão especializado, ou seja, uma vez que as raízes estejam estabelecidas quanto a sustentação e nutrição, as mesmas podem desencadear mecanismos e funções diversas para proteção e desenvolvimento da planta (Freitas *et al.*, 2008). Ademais, trata-se de um órgão multicelular especializado que apresenta ramificações endógenas, presença de estrutura como pêlos e capa protetora (coifa), além de realizarem interações importantes com microrganismos (Kenrick Estrullu-Derrien, 2014) e com o solo.

Já os solos de áreas urbanas, podem influenciar diretamente o desenvolvimento das raízes, por se tratarem na grande maioria de solos que passaram por modificações estruturais pela adição, decapitação ou mobilização de materiais durante o processo de expansão da área urbana. São geralmente caracterizados como solos nutricionalmente e estruturalmente pobres, impermeabilizados, compactados, com pH ácidos e com microbiota do solo reduzida, ou seja, solos que apresentam modificações, químicas, físicas e biológicas (Pedron *et al.*, 2007).

A habilidade das raízes penetrarem no perfil do solo diminui quando a densidade e a resistência do solo aumentam. Em estudos realizados por Pandey *et al.* (2021), apontaram que a resistência do solo a penetração das raízes dificulta na difusão do etileno, fazendo com que ocorra a inibição do crescimento radicular, ou seja inibe o alongamento e crescimento das células das zonas de expansão, e isto ocorre devido o etileno desencadear uma sinalização química precoce como forma de alerta para as plantas da presença de solos compactados. Em trabalho realizado por Reinert *et al.* (2008), verificaram que nas faixas entre 1,75 e 1,85 Mg m<sup>-3</sup>, ocorreu restrição, com deformações na morfologia das raízes em grau médio, e acima de 1,85 Mg m<sup>-3</sup>, essas deformações foram significativas, com grande engrossamento, desvios no crescimento vertical e concentração na camada mais superficial.

### **2.2 Antropossolos**

Os “Antropossolos” podem ser caracterizados como todos os solos que se apresentem com volume formado por várias ou apenas uma camada antrópica, e esta pode apresentar 40 cm ou mais de espessura, constituída por materiais orgânicos e/ou inorgânico em diferentes proporções, formado exclusivamente pela intervenção humana sobrejacente a qualquer horizonte pedogenético, ou saprólitos de rocha ou rocha não intemperizada”(Cucio *et al.*, 2004, pg 21). Esse tipo de solo dificulta o desenvolvimento das raízes causando deformações ou até desencadeando mecanismos para que a planta se estabeleça e sobreviva nessas condições. Sem falar que o sistema solo-planta-atmosfera promove uma dinâmica física que pode envolver diversos processos de transferência, o que leva em consideração a energia potencial envolvida no sistema.

De acordo com Pedron *et al* (2007), os termos solos urbanos e solos antrópicos não

são sinônimos, ou seja, solos antrópicos são aqueles caracterizados pelo uso intenso e continuado pelo homem. Já os solos urbanos é uma subdivisão dos solos antrópicos e tem como principal função suportar materiais da construção civil, agricultura urbanas, suburbanas, e áreas verdes. E muitas vezes é utilizado para descarte de resíduos, armazenamento e filtragem de águas pluviais.

Ademais o processo de urbanização compacta o solo, diminuindo a porosidade e a infiltração da água. De acordo com Beulter e Centuriun (2004), o aumento da compactação do solo aumenta a densidade das raízes na superfície do solo e causa o decrescimo linear nas camadas mais compactadas.

Essas condições vão implicar diretamente no desenvolvimento das raízes e na fisiologia da planta, pois as raízes tanto contribuem para sustentação das plantas, como também para nutrição e influenciam nos mecanismos de defesa para proteção das plantas durante condições adversas, afetando diretamente sua funcionalidade e metabolismo (Freitas *et al.*, 2008).

### **2.3 Métodos de avaliação de raízes**

Atualmente existem vários métodos para avaliar as condições e distribuição de raízes das plantas, porém para escolher um método é necessário observar as seguintes requisitos: o porte do indivíduo, a localização, o objetivo da avaliação, as condições das raízes, o tipo de terreno e os custos financeiros. Ou seja, os métodos vão variar desde uma simples análise visual dos danos causados a métodos que requerem escavação ou uso de tecnologias.

Na escavação, podemos verificar o utilização de abertura de trincheiras, método descrito por Böhm (1979), o qual consiste em abrir uma trincheira proximo ao colo da planta com intuito de tornar as raízes visíveis para realização dos estudos. Também pode ser utilizado equipamentos como AIRSPADE, que expõe as raízes sem danificá-las, o método utiliza-se de um aparelho de ar comprimido de alta pressão que facilita a escavação e exposição das raízes (Fite *et al.*, 2016).

Entrentanto, outra forma de avaliar raiz é utilizando aparelhos do tipo georadar, o qual é um método não invasivo, que utiliza-se da biofísica para analisar o sistema radicular em diferentes profundidades. Para fazer esse tipo de avaliação é necessário de ter aparelho específico e programas de modelagem próprios para analisar os dados. Santos *et al.* (2022) utilizou a tecnologia ANDAS, para mapeamento de raízes em 3D de árvores urbanas, porém, utilizou-se também do método de escavação.

Alguns estudos também apontam para o uso do tomógrafo na avaliação de raízes, como o estudo realizado por Guardia (2020), a qual utilizou como base a velocidade de ondas mecânicas para avaliação de raízes de árvores urbanas e detectou que o uso de tomógrafos é limitado ao tipo de pavimento existentes sendo necessário uma maior unidade amostral para adequação do método. Ou seja, esses método ainda está na fase experimental.

Por fim, podemos citar o método visual, o qual trata-se em fazer uma análise 360° das raízes, descrevendo as condições aparentes das mesmas. Esse método geralmente é encontrado em formulários de avaliação de risco de queda de árvores. Um de uso internacional é o Tree Risk Assessment Qualified (TRAQ) (ISA, 2013), o qual avalia a árvore como um todo, porém existe os parâmetros para avaliação das raízes e colo da árvore.

## 2.4 Tipos de solos encontrados nas município de Cachoeiras de Macacu-RJ

Os tipos de solos existentes em uma região é amplamente influenciado pela matriz de origem que pode contribuir para variação de varios atributos e características do solo formado, como também esta sofre a influencia do relevo, do clima, de organismos e do tempo (PEREIRA *et.al.*, 2019). Conhecer o tipo de solo influencia diretamente ao tipo de manejo necessário para que as plantas se desenvolvam saudável e corrobora com o desenvolvimnto adequado das raízes. Na **Tabela 1**, pode ser observado os tipos de solo existentes na na localidade de Papucaia, do Município de cachoeiras e Macacu-RJ.

**Tabela 1-** Principais tipos de solos encontrados nas proximidades da área de estudo.

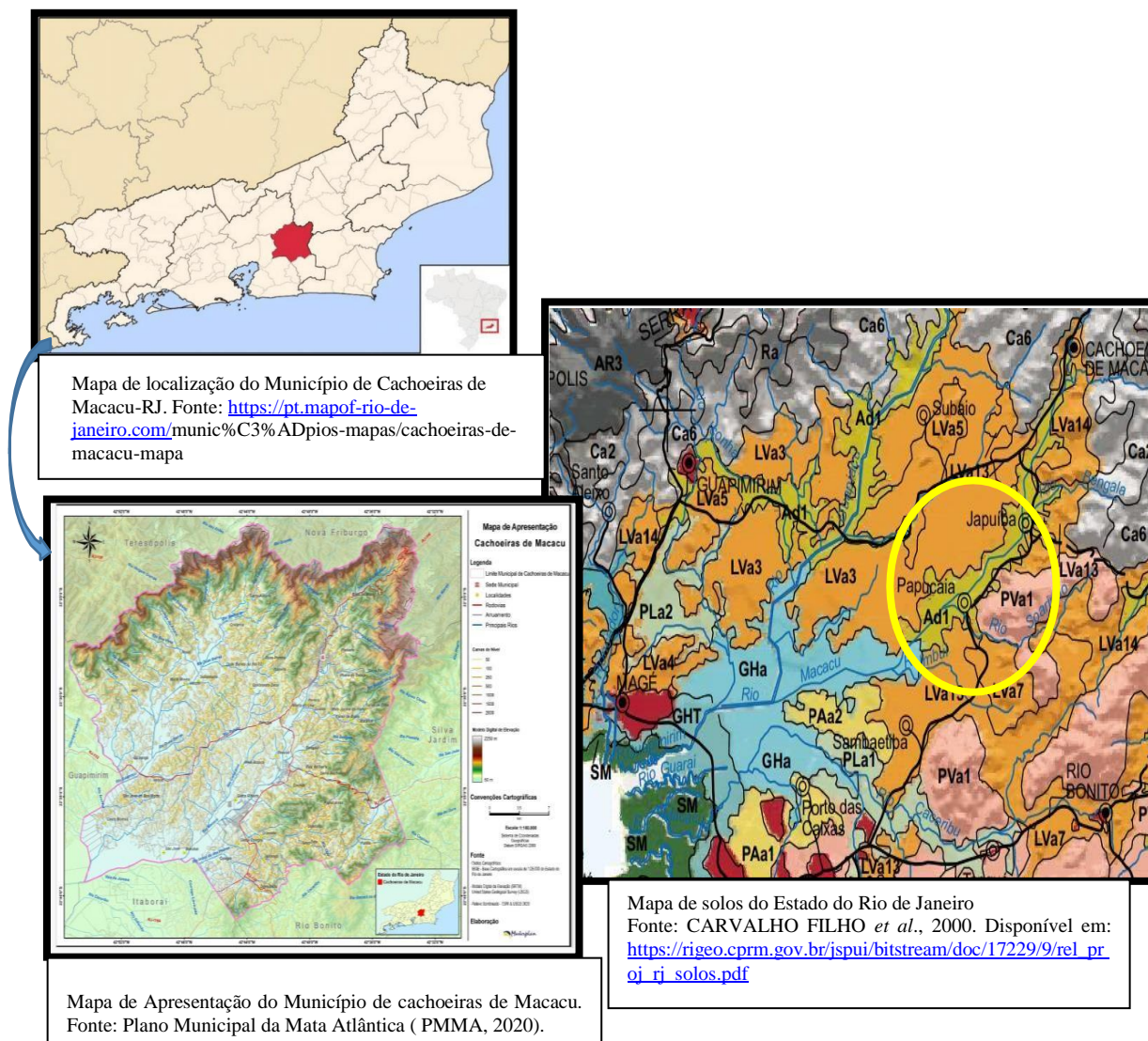
Sigla	Nomenclatura	Características
AD1	Solos Aluviais Distróficos	Solos minerais rudimentares, pouco desenvolvidos. Podem apresentar fertilidade baixa ou de média a alta,vão de pouco Profundos a profundos.
GHa	Glei Húmico álico	Medianamente profundo, mal drenados, com redução de óxidos de ferro. Textura variável compredomínio de argila e silte. Pode apresentar argila de atividade alta e baixa, saturação de bases elevadas e teores de alumínio elevados, solos com lençol freático raso.
LVa3 e 13	LatossoloVermelho-Amarelo álico	Com teores medianos de óxido de Ferro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ), são solos que podem variar de ácidos a muito ácidos com saturação de bases baixa e Al trocável alto. Fertilidade baixa.
PVa1	ArgissoloVermelho-Amarelo álico	Variam de moderadamente profundos a profundos, usualmente são bem drenados, possuem argila de atividade baixa e textura variada. Pode ocorrer a inclusão de cascalho, calhaus e matacões. São solos de fertilidade baixa, baixos valores de saturação de bases, saturação de alumínio. Alumínio trocável geralmente alto.

Fonte: CARVALHO FILHO *et.al.*, 2000.Disponível em:  
[https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/17229/9/rel\\_proj\\_rj\\_solos.pdf](https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/17229/9/rel_proj_rj_solos.pdf)

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Aspectos gerais sobre o Município e caracterização da área de Estudo

O município de Cachoeiras de Macacu-RJ, faz parte da Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro, com grande parte do seu território situado na região da Serra do Mar (**Figura 1**) (Lei Complementar 184 de 27 de dezembro de 2018), podendo ser localizado pelas coordenadas 22°27'45" Latitude Sul e 42°39'11" Longitude Oeste. Com área total de 954,749Km<sup>2</sup>, sendo 57,4 % dessa área arborizada (IBGE, 2022).



**Figura 1** – Localização do Município de cachoeiras de Macacu-RJ e mapa de tipos de solos das proximidades de Papucaia, Cachoeiras de Macacu-RJ.

O presente estudo, foi realizado em uma localidade do município conhecida como Papucaia, especificamente no primeiro quarteirão da Avenida Paulo Francisco Torres (**Figura 1 e 2**). As árvores para realização do presente estudo localizavam-se nas seguintes coodenadas em UTM: para a árvore 1- 732257.161E 7498637.117N 23K e árvore 2- 732268.313E7498638.587 N23K.





**Figura 2** - Localização das árvores avaliadas (google Earth)

Quanto as informações contidas no mapa de solos do Estado do Rio de Janeiro, foi possível selecionar as classes de solos existentes na região de estudo (**Figura 1**), determinando assim de forma aproximada o tipo de solo existente nesse perímetro específico. E dessa forma, os mesmos foram organizados na **Tabela 2** (pg.14), onde pode ser observado algumas características referentes as estruturas originais. Contudo, no local da avaliação, o solo já poderia ser considerado um antropossolo, pois seus 40 cm de camada inicial já tinham sido totalmente modificados com adição e/ou mobilização de materiais.

Dos solos observados na **Figura 1**, os que estão mais próximo da região de estudo é o AD 1 (Solos Aluviais Distrófico) e o PVa1 (Solos Argissólicos Vermelho-Amarelo álico), ambos com fertilidade baixa e ácidos.

Juntando as características originais do solo ao plantio incorreto das árvores avaliadas, temos como consequência as condições encontradas no local, pois percebe-se que as dimensões necessárias para a formação dos berços de plantio não foram respeitadas, assim como também o preparo do solo antes do plantio.

Vale ressaltar que foi possível visualizar a ação antrópica no solo da área avaliada, com a presença de concreto, resto de obras e lixo na parte mais superficial do solo.



a) *Características da espécie avaliada*

As duas árvores avaliadas eram da espécie *Moquilea tomentosa* Benth., que de acordo com Carvalho (2014), Monteiro *et al.* (2012) e Gomes *et al.* (2023), pertence à Família *Chrysobalanaceae*, e é popularmente conhecida como oiti, apresenta padrão foliar perenifólia, é heliófila e podem chegar a 20 m de altura e 60 cm de DAP (Diâmetro a Altura do Peito) na idade adulta, apresenta copa frondosa e fruto do tipo drupa epicarpo carnosos, o qual varia de 5 cm a 16 cm de comprimento. É uma espécie secundária inicial que pode ocorrer no interior de matas como também em formações abertas e secundárias.

Pertence ao bioma Mata Atlântica, se desenvolvendo em diversos tipos de solos, tendo preferência por solos arenosos. É muito utilizada na arborização urbana devido a sua copa frondosa e por não causar danos nos passeios públicos.

As características inicialmente avaliadas nas duas árvores estudadas (**Figura 3**) foram: altura da árvore determinada por clinômetro de suunto, diâmetro na altura do peito (DAP), diâmetro da copa, altura da primeira bifurcação, presença de pragas, danos causados pelas raízes.

Os equipamentos utilizados foram: trena, clinômetro, imagens feita por câmera de celular, martelo de plástico, aplicativo de georeferência (APP *UTM GEO MAP 4.1.3*).



**Figura 3** – Árvores de oiti avaliadas. a – árvore de oiti 1; b - árvore de oiti 2.

### *b) Características dos passeios públicos do Município*

De acordo com o Código de Obras do Município (Lei Nº 28 de 11 de maio de 1943), nos Artigos 151, 152 e 153, não há especificação para largura mínima da calçada, apenas para passeios provisórios que é de 60 cm. Sendo assim, a largura da calçada varia de acordo com o local, e este é pré-determinado pela Prefeitura. Já no art. 247 dessa Lei, ruas de grande circulação deverão ter largura variando entre 15 e 18 m, sendo que 2/3 desse valor é utilizado para caixa do calçamento e o restante deve ser dividido entre os dois passeios.

Em relação às ruas residenciais, a largura total pode variar de 10 a 12 m, sendo que 6 m deverá ser utilizado para caixa de calçamento e os passeios laterais não podem ser menores que dois metros. Em terrenos acidentados, os quais são frequentes no município, a largura mínima seria de 8 m, sendo que a caixa do calçamento seria de 5 m e os passeios 1,50 m cada.

Ao analisar o plano diretor do Município (Lei Nº 1653 de 10 de outubro de 2006), Art. 169 determina que a largura do sistema viário deverá atender alguns quesitos básicos que poderão ser verificados na **Tabela 2**.

**Tabela 2** – Organização das ruas e passeios públicos do Município de Cachoeiras de Macacu-RJ de acordo com o Plano Diretor.

<b>Comprimento da via</b>	<b>Largura da caixa de calçamento</b>	<b>Largura do lado poente (posteamento)</b>	<b>Largura dos passeios do lado nascente</b>
<b>200m</b>	5 m	1,5 m	2,5 m
<b>200-400m</b>	7 m	3 m	3 m
<b>400-600m</b>	10 m	3 m	3 m
<b>Maior que 600m</b>	12 m	3 m	3 m

A largura da calçada da área de estudo é de 3 m, porém antes disso, a rua era mais larga e de paralelepípedo e a calçada era mais estreita. Com a pavimentação ocorreu um estreitamento da rua, a qual foi asfaltada e também foi colocado meio fio com aproximadamente 35 cm de profundidade.

O novo Plano Diretor do Município (*a ser aprovado*) irá prever alterações em relação aos passeios públicos, a qual também contemplará a Lei Federal Nº 10.098 publicada em 19 de dezembro de 2000, referente à acessibilidade de pessoas com deficiência e com mobilidade reduzida.

### *c) Importância das árvores avaliadas para população*

No quarteirão, as árvores prestavam importante serviço ambiental de sombra, tendo em vista ser as únicas árvores do quarteirão, e no local funciona um ponto de taxi, e a população utilizava também o local como bicicletário. Na avenida funcionam vários comércios, fazendo com que ocorra uma grande circulação de automóveis e pedestres durante o dia todo e parte da noite como pode ser observado na **Figura 4**.

## **3.2 Avaliação das árvores**

A demanda para avaliação das árvores ocorreu por as mesmas estarem causando a quebra de toda a calçada em comprimento e em largura, como também danos à área construída



Com uma nova demanda sobre as mesmas árvores, inicialmente foi feita uma avaliação Nível 2 (com mais fatores avaliados (ABNT NBR 16246-3:2019)) nas árvores, utilizando trena, clinômetro e GPS. Depois foi Feita a Avaliação de Risco de queda com auxílio do Formulário TraQ em português (Tree Risk Assessment Qualification (*ISA TRAQ*)) baseado no modelo em English original (**Figura 5**). Para determinar o risco de queda das árvores, na ocasião determinou-se como alvos, a via movimentada, as lojas, o ponto de taxi e os transeuntes. Além disso, observou-se que durante o dia com o funcionamneto do ponto de taxi embaixo das referidas árvores a movimentação no local ficava intensa (**Figura 4**).

[illegible]

**Figura 5** – Modelo original do Formulário TRAQ utilizado na avaliação das duas árvores de oiti (versão portugues).

a) *Método de desnudação das raízes*

O método de desnudação de raízes foi desenvolvido com base no método de escavação arqueológica, o último consiste na realização de uma amostragem aleatória, dividida em unidades de escavação, que é fracionadas em secções quadradas. Esse tipo de trabalho é lento e requer paciência, além do uso de ferramentas como: pás, picaretas, espátulas, escovas e pincéis. As ferramentas utilizadas variam de acordo com tipo de escavação, profundidade da escavação como pode ser observado na **Figura 6**.



**Figura 6** - Imagem de método de escavação arqueológica. Fonte: Forlin, 2012.

Disponível em: [https://super.abril.com.br/wp-content/uploads/2018/07/escavaccca7occ83es-arqueolocc81gicas\\_011.png?&w=1024&crop=1](https://super.abril.com.br/wp-content/uploads/2018/07/escavaccca7occ83es-arqueolocc81gicas_011.png?&w=1024&crop=1)

No método de desnudamento, realizou-se a remoção de todo material de concreto existente sobre raízes para expor o solo, utilizando ferramentas como: pincel trincha utilizado para pintura, kit jardinagem, balde, escova varre mesa, água corrente, vassoura de pêlos, espoja super bloco de obras e câmera fotográfica. Iniciou-se a retirada do solo sobre e entre as raízes, nessa ocasião com objetivo de expor as raízes sem causar danos e principalmente tornar visível o solo abaixo delas, para entender o motivo do desenvolvimento na superfície do solo. O processo de desnudação das raízes foi realizado primeiro na árvore 1 (17/05/2023) e depois na árvore 2 (22/05/2023), e foi dividido nas seguintes etapas:

- foi realizado o isolamento da área com cones e fitas zebradas, por se tratar de uma área extremamente movimentada, com risco de acidentes;
- depois foi realizada cuidadosamente a retirada de todo material que estavam em cima, como parte da calçada de concreto, pedras restos de obras e lixo;
- posteriormente marcou-se uma área de aproximadamente 1,50 m x 1,20 m nas duas árvores com aproximadamente 20 cm de profundidade, para expor as raízes e o solo abaixo delas;
- todo o solo foi removido com auxílio de pá de jardim, vassoura e pincel;
- ao encontrar o piso de paralelepípedo; foi feita uma lavagem das raízes e do piso, que posteriormente foram secos com auxílio de esponja tipo bloco. Esperou-se por volta

de 30 minutos a 2 hora a secagem da área para realização das medições e capturar imagens das raízes;

- depois todo material foi recolocado até que fossem realizadas as avaliações necessárias para tomada de decisão.

Não foi realizado nenhum tipo de alteração no solo e no piso abaixo das raízes, para não provocar o desequilíbrio das árvores. Tendo em vista que 80 % das raízes visíveis estavam apoiadas no piso de paralelepípedo.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados coletados inicialmente das duas árvores pode ser observados na **Tabela 3**, na qual verifica-se que apesar de não apresentar nenhuma patologia e pragas, as mesmas foram caracterizadas com risco alto de queda.

**Tabela 3** – Características das duas árvores de oiti avaliadas.

Características	Árvore de Oiti 1	Árvore de oiti2
DAP	0,61 m	0,32 m
Altura	13,67 m	7,78 m
Diâmetro da Copa	11,20 m	11,20 m
Bifurcação do tronco	Trifurcada	Bifurcada
Altura da 1ª bifurcação	H1=1,05 m; H2=1,16	1,68 m
Danos causados pelas raízes	Quebra de todo passeio público e rachaduras no muro de particular.	Quebra de passeio público
Condições das raízes	Raízes expostas	Raízes expostas
Situação fitossanitária	Isenta de pragas e outros organismos	Isenta de pragas e outros organismos
Categoria de risco (TRAQ)	Alto	Alto

As árvores apresentavam problemas no desenvolvimento das raízes, e essas quase não tinham solo para disponibilização de nutrientes, pois, nas duas árvores foi possível comprovar, que parte das raízes se desenvolveram na superfície do terreno. E isso se deu devido a uma barreira física encontrada na camada superficial do terreno, detectada na profundidade entre 18-25 cm do solo (**Figura 7**). A barreira física tratava-se de um piso de paralelepípedo deixado para trás quando foi realizada a pavimentação da avenida (**Figura 8**), impedindo que parte das raízes se desenvolvessem verticalmente. Causando danos a calçada e reduzindo a área de absorção de nutrientes pelas raízes.







a- Árvore de oiti 1-Largura do corte 1,20 m, comprimento do corte 1,50m, profundidade 18 cm



b - Árvore de oiti 2-Largura do corte 1,20 m, comprimento por 1,50m, profundidade variando de 20-25 cm em alguns pontos.

**Figura 7** – Desnudação das raízes das árvores de oiti.



**Figura 8**– Vista do Piso de paralelepípedo encontrado nas escavações.



As condições em que as raízes se encontravam corrobora com pesquisa realizada por Pandey *et al.*(2021), quando demonstraram que as raízes ao encontrar uma barreira física, desencadeia um mecanismo de sinalização química para inibir o crescimento em profundidade. Nos dois casos avaliados, a barreira física tratava se de um piso de paralelepípedo de aproximadamente 1 m de largura visível, porém, ratifica-se que solos compactados também poderiam causar deformação das raízes. O que foi comprovado com os resultados encontrados em pesquisa realizada por Reinert *et al.* (2008), os quais verificaram que os solos com densidade acima  $1,85 \text{ Mg m}^{-3}$  promoveram deformações das raízes e o desvio do crescimento vertical, havendo assim um acúmulo dessas na superfície do solo.

Além das inibição e alterações anatômicas das raízes já citadas, também pode ocorrer alterações químicas no perfil, e na estrutura físicas dos antropossolos, como foi comprovado em pesquisa realizada por Teixeira *et al.* (2021), os quais observaram que a adição de materiais por ação antrópica não só modificou o perfil do solo estudado, como causou alteração nos parâmetros químicos ao longo do perfil, entre elas foram especificado, o aumento da saturação por bases e de macro e microelementos relacionados diretamente ao tipo de material adicionados no perfil do solo.

Ainda nesse sentido, a estrutura radicular visualizada na superfície do solo não se tratava apenas de raízes finas, em alguns pontos foi possível detectar uma estrutura densa de tecido radicular (**Figura 9**). Corroborando com os experimentos realizados por Bergamin *et al.* (2010), que ao submeterem plantas de milho a diferentes graus de compactação do solo, conseguiu determinar que esta variante influenciou na anatomia da raiz, ocorrendo um aumento da relação do córtex e do cilindro da raiz do milho, afetando diretamente a penetração das raízes no solo.



**Figura 9** – Raízes de diferentes tamanhos e deformadas.

Com isso, verifica-se que é de crucial importância reduzir impactos causados pelos antropossolos em regiões urbanas e consequentemente no desenvolvimento das árvores urbanas. Contudo, tem-se ciência que essas áreas são repletas de histórias e traz consigo os vestígios delas nos solos, influenciando diretamente no desenvolvimento das árvores. Outro aspecto importante a ser observado, é que parte das alterações causadas nessas áreas também estão relacionadas a descarte inadequado materiais no perfil do solo, com intuito de reduzir custo, agilizar o tempo de serviço ou simplesmente por negligência.

Nesse sentido, deixa-se claro a importância de se fazer um trabalho de recuperação dessas áreas, principalmente promovendo o plantio de novas árvores ou criação de espaços verdes, desde que ocorra a formação de berços apropriados, como também o plantio de espécies compatíveis com os passeios públicos existentes. Do mesmo modo que, seria viável a criação de um programa para manejo dos solos em áreas urbanas. Pois, de acordo com Oldfield *et al.* (2014), solos urbanos tiveram suas características físicas, químicas e biológicas melhoradas após a realização da arborização desses espaços. Reduzindo assim características negativas como baixa infiltração, decomposição, mineralização e retenção de nutrientes.

Quando avaliamos a largura da calçada onde estavam localizadas as árvores de oiti (3 metros de largura,), a mesma apresenta espaço suficiente para fornecer 1 m<sup>2</sup> para confecção dos berços e ainda sobriaria 2 m para passagem de pedestres. Estando de acordo com a ABNT-NBR 9050 (2020) que trata da acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos, a qual determina a largura mínima de 1,20 m, ou seja, o local tem espaço mais do que suficiente para criação de áreas verdes e rampas de acesso. Contudo em relação as calçadas do município, verificou-se que em alguns pontos as calçadas permitem fazer o plantio de novas árvores, porém em outras áreas as mesmas são quase inexistentes. Espera-se que com o projeto de revitalização dos passeios públicos, os mesmos sejam ampliados para implantação da arborização, pois muitas das árvores urbanas do município encontram-se em quintais privados.

Como resposta as avaliações realizadas, foi sugerido a supressão das árvores avaliadas e no local, após adequado preparo do solo e berços de plantio foi realizada o plantio de duas árvores de babosa-branca (*Cordia superba* Cham.), assim como foi feito o planejamento para o plantio de novas árvores nos demais quarteirões da avenida.

## 5 CONCLUSÕES

As árvores avaliadas tiveram suas raízes morfológicamente alteradas e com desenvolvimento vertical inibido, devido a barreira física encontrada no perfil do solo, a qual contribuiu para desenvolvimento das raízes na superfície e também para formação de estruturas densas de tecidos radiculares nas duas árvores de oiti avaliadas.

A calçada onde estavam localizadas as árvores utilizadas como estudo de caso, tem largura compatível para o porte das árvores plantadas no local, e os problemas ocorridos foram causados devido a alteração no perfil do solo pela adição de materiais em obras realizadas ao longo do tempo, tornando os solos urbanizados.

Pôde-se caracterizar o solo do local como um possível antropossolo sômico devido as características da natureza dos materiais encontrados no perfil do solo.

A metodologia de desnudação das raízes foi eficiente para determinar a presença do



piso de paralelepípedo, o qual foi deixado para trás durante a pavimentação da avenida.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.162

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 16246-3: Florestas Urbanas- Manejo de árvores, arbustos e outras plantas lenhosas. Parte 3: Avaliação de Risco de Árvores. Rio de Janeiro: ABNT, 2019. 14p.

BERGAMIN, A.C.; VITORINO, C.T.; LEMPP, B.; SOUZA, C. M.A.; SOUZA, F.R. Anatomia radicular de milho em solo compactado. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.45, n.3, p.299-305, mar. 2010

BEULTER, A.N.; CENTURIUN, J.F. Compactação do solo no desenvolvimento radicular e na produtividade da soja. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.39, n.6, p.581-588, mar. 2004

BÖHM, W. **Methods of studying root Systems**. Spring-Verlag Berlin Heidelberg. New York, 1979. 200p.

CARVALHO FILHO, A.; LUMBRERAS, J.F.; Santos R.D. **Estudo geoambiental do Estado do Rio de Janeiro: os solos do Rio de Janeiro**. Brasília: CPRM, 45p. 2000.

CONG, Y.; ZHU, R.; YANG, L.; ZHANG, X.; LIU, Y.; MENG, X.; GAO, W. Correlation Analysis of Thermal Comfort and Landscape Characteristics: A Case Study of the Coastal Green way in Qingdao, China. **Buildings**, v.12, p. 541. 2022. <https://doi.org/10.3390/buildings12050541>

CUCIO, L.G.; VALNIQUI, C.L.; GIAROLA, N.F.B. **Antropossolos: proposta de ordem (1ª aproximação)**. Colombo: Embrapa Florestas, 2004. 49p. ISSN 1517-526X

CACHOEIRAS DE MACACU (RJ), Lei Ordinária nº 1.653, de 10 de outubro de 2006, dispõe sobre o Plano Diretor Estratégico do Município de Cachoeiras de Macacu. Disponível em: [https://sapl.cachoeirasdemacacu.rj.leg.br/media/sapl/public/normajuridica/2006/1489/lei\\_no\\_1.653\\_-\\_plano\\_diretor.pdf](https://sapl.cachoeirasdemacacu.rj.leg.br/media/sapl/public/normajuridica/2006/1489/lei_no_1.653_-_plano_diretor.pdf)

CACHOEIRAS DE MACACU (RJ), Decreto de Lei 28, de 11 de fevereiro de 1943. Dispõe Sobre o Código de Obras do Município.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies Arbóreas Brasileiras: Oiti-da-praia Licania tomentosa**. Brasília, DF, 2014. 395-401p

ESTADO DO RIO DE JANEIRO, Lei Complementar 184 de 27 de dezembro de 2018. Dispõe

sobre a região metropolitana do Rio de Janeiro, sua composição, organização e gestão, define as funções públicas e serviços de interesse comum, cria a autoridade executiva da região metropolitana do rio de janeiro e dá outras providências. Disponível em: <http://alerjln1.alerj.rj.gov.br/contlei.nsf/01017f90ba503d61032564fe0066ea5b/1865e2c565e1e547832583d1005da99f?OpenDocument#:~:text=Lei%20Complementar&text=LEI%20COMPLEMENTAR%20N%C2%BA%20184%20DE,JANEIRO%20E%20D%C3%81%20OUTRAS%20PROVID%C3%84NCIAS>.

FIGUEIREDO, D.P.; OLIVEIRA, T.; MEIRELES, L.D. Recursos florais e frutíferos para a fauna de espécies arbóreas indicadas para arborização urbana de São Paulo: em busca de uma cidade biodiversa. **Hoehnea**, 51: e482022. <https://doi.org/10.1590/2236-8906e482022>

FITE, K.; SMILEY, T.; SWEET, R.N.; TREMBLAY, T.C.; WAHLER, J.; RICO, U.P.; FITZPATRICK, T. **AirSpade: Pneumatic soil excavation**. Technical Applications Bulletin: Use of Compressed Air-powered Excavation for Arboricultural Site Works. 2016, 48p. Disponível em: [AirSpade Arbor Applications Guide.pdf \(shopify.com\)](#)

FREITAS, T.A.S.; BARROSO, D.G.; CARNEIRO, J.G.A. Dinâmica de raízes de espécies arbóreas: visão da literatura. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 1, p.133-142, jan.-mar., 2008. ISSN 0103-9954

GUARDIA, I. **Velocidade de onda mecânica na avaliação de raízes de ancoragem de árvores nas cidades**. Dissertação (obtenção do título de Mestre em Ciências)-Programa de Recursos Florestais. USP-Escola Superior de Agricultura. Piracicaba, p.169, 2020.

GENSEL PG, KOTYK ME, BASINGER JF. Morphology of above- and below-ground structures in Early Devonian (Pragian-Emsian) plants. In Gensel PG, Edwards D, eds, **Plants Invade the Land: Evolutionary and Environmental Perspectives**. Columbia University Press, New York, p. 83-102, 2001.

GOMES, Y.S.; SANTOS, A.F.; OLIVEIRA, R.R.A.; SOUZA, P. A.; COELHO, M.C.B.; RAMOS, Y. A.; SILVA, L.F.; SANTOS, V.H.S. Comportamento do oiti na arborização urbana no setor Jardim Tocantins I, Gurupi, Tocantins. **Revista Reservatório de economia Latino Americana**, Curitiba, v.21, n.12, p.27770-27785. 2023

IBGE, 2022, disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/cachoeiras-de-macacu/panorama>

ISA, International Society of Arboriculture. **Basic Tree Risk Assessment Form**. 2013. Disponível em: [BasicTreeRiskAssessmentForm\\_Print\\_2017.pdf \(isa-arbor.com\)](#)

KENRICK, P.; STRULLU DERRIEN, C. The Origin and Early Evolution of Roots. **Plant Physiology**, vol. 166, p. 570–580, 2014.

LEE, L. S. H; JIM, C. Y. Urban woodland on intensive green roof improved outdoor thermal comforting subtropical summer. **International Journal of Biometeorology**, v.63, p.895–909,

2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00484-019-01702-4>

MONTEIRO, K. L.; OLIVEIRA, C.; SILVA E SILVA, B.M.S.; MÔRO, F.V.; CARVALHO, D.A. Caracterização Morfológica de frutos, de sementes e do desenvolvimento pós-seminal de *Licania tomentosa* (Bebth.) Fritsch. **Ciencia Rural**, v42, n.1, jan, 2012.

OLDFIELD, E. E.; FELSON, A. J.; WOOD, S. A.; HALLETT, A. STRICKLAND, M. S.; BRADFORD, M. A. Positive effects of afforestation efforts on the health of urban soils. **Forest Ecology and Management**, v.313, n.1, 266-273. February 2014.

OLIVEIRA, J.D.; BIONDI, D., BATISTA, A. C., REIS, A. R. N.; NESI, J. Atenuação do ruído de tráfego de vias urbanas pela vegetação em curitiba – paraná, **Revista SBAU**, Curitiba– PR, v.13, n.2, p. 13-26, 2018.

OLIVEIRA, A. S.; SANCHES, L.; MUSIS, C. R.; NOGUEIRA, M. C. J. A. Benefit soft squares in urban afforestation - the case of Cuiabá/MT. **Revista Eletrônica Em Gestão, Educação E Tecnologia Ambiental**, v.9, n.9, p.1900 1915, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/223611707695>

PLANO MUNICIPAL DA MATA ATLÂNTICA, **Município de Cachoeiras de Macacu-RJ**, Mosaico Central Fluminense, Município de cachoeiras de Macacu, 109p., 2020.

PANDEY B. K.; HUANG, G.; BHOSALE, R.; HARTMAN, S.; STURROCK, C. J.; JOSÉ, L.; MARTINO, C.; KARADY, M.; VOESENEK, L.A.C.J.; LJUNG, K.; LYNCH, BROWN, J.P.; WHALLEY, K.M.; MOONEY, W.R.; ZHANG, S.J.D.; BENNETT, M. J. Plant roots sense soil compaction through restricted ethylene diffusion. **Science**, v.371, p.276-280, 2021. Disponível em: <https://www.science.org/doi/epdf/10.1126/science.abf3013>

PATAKI, D. E.; CARREIRO, M. M; CHERRIER, J. GRULKE, N. E; JENNINGS, V.; PINCETL, S.; POUYAT, R. V.; WHITLOW, T. H., ZIPPERER, W.C. Coupling Biogeochemical cycles in urban environments: ecosystem services, green solutions, and misconceptions. **Front Ecol Environ**, v 9, n1, p. 27–36. 2011, doi:10.1890/090220www.frontiersinecology.org

PEDRON, F. A.; DALMOLIM, R. S. D.; AZEVEDO, A. C.; BOTELHO, M. R.; MENEZES, F.P. levantamento e classificação de solos em áreas urbanas: importância, limitações e aplicações. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 13, n.2, p. 147-151, abr-jun, 2007.

PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C.; PINHEIRO JUNIOR, C.R.; PINTO, L.A.S.R.; SILVA NETO, E.C.; FONTANA, A. **Formação e caracterização do solo**. IN: TULLIO, L. Formação, Classificação e Cartografia dos Solos. Ponta Grossa: ATENA, 2019. Cap 1, p.1-20.

REINERT, D. J., ALBUQUERQUE, J. A.; REICHERT J. M.; AITA, C.; ANDRADA, M.

M .C. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em argissolovermelho. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.32, p.1805-1816, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/5WjW8tsqwwWS6xRyMftbvJM/?format=pdf&lang=pt>

SANTOS, V. R. N. DOS; CAETANO, M. F.; MARTINATTI, M.; PEREIRA, J. M. Tecnologia andas para mapeamento 3d do sistema Radicular de árvores utilizando georadar e Eletrorresistividade. **Revista SBAU**, Curitiba – PR, v.17, n.1, p. 17-36, 2022.

TAKANO, T, NAKAMURA K, WATANABE M. Urban residential environments and senior citizens' longevity in megacity areas: the importance of walk able green spaces. **Journal Epidemiologic Community Health**; v56, n.12, p.913-8. Dec., 2002  
doi:10.1136/jech.56.12.913.PMID:12461111;PMCID:PMC1756988.

TEIXEIRA, R. C.;ROCHA P. DE A. FARIA, A. L. L.; LIOVANDO, M. Classificação propriedades químicas e físicas de Antropossolos no Município de Guarapari – ES. **Universidade de São Paulo** [www.revistas.usp.br/rdg](http://www.revistas.usp.br/rdg), v. 2878, v.41,2021.ISSN2236e181636DOI:10.11606/eISSN.2236-2878.rdg.2021.181636

TIAN, Y.; JIM, C. Y.; TAO, Y.; SHI, T. Land scape ecological assessment of green space fragmentation in Hong Kong. **Urban Forestry Urban Greening**, v.10 p. 79–86 ,2011.doi:10.1016/j.ufug.2010.11.002.

ULRICH, R., S. Natural Versus Urban Scenes: Some Psycho physiological Effects. **Environment and Behavior**, v. 13, n.5, p. 523-556, 1981. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/0013916581135001>