

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL
CÂMPUS DOIS VIZINHOS

BRUNA PEREIRA

**ANÁLISE DOS EFEITOS DO ENTORNO URBANO SOBRE O SISTEMA
RADICULAR DE ÁRVORES VIÁRIAS DE SÃO MATEUS DO SUL- PARANÁ**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

DOIS VIZINHOS

2017

BRUNA PEREIRA

**ANÁLISE DOS EFEITOS DO ENTORNO URBANO SOBRE O SISTEMA
RADICULAR DE ÁRVORES VIÁRIAS DE SÃO MATEUS DO SUL- PARANÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso Superior de Engenharia Florestal da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Flávia Gizele König Brun

DOIS VIZINHOS

2017

P436a Pereira, Bruna.

Análise dos efeitos do entorno urbano sobre o sistema radicular de árvores viárias de São Mateus do Sul - Paraná. / Bruna Pereira – Dois Vizinhos, 2017. 101f.:il.

Orientadora: Dra. Flávia Gizele König Brun.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Engenharia Florestal. Dois Vizinhos, 2017. Bibliografia p.95-101.

1.Arborização das cidades. 2.Pavimentos.
3.Planejamentos urbano. I. Brun, Flávia Gizele König, orient. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos. III. Título

CDD:634.9



TERMO DE APROVAÇÃO

ANÁLISE DOS EFEITOS DO ENTORNO URBANO SOBRE O SISTEMA RADICULAR DE ÁRVORES VIÁRIAS DE SÃO MATEUS DO SUL- PARANÁ

por
BRUNA PEREIRA

Este Trabalho de Conclusão de Curso II foi apresentado em 05 de Junho de 2017 como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Florestal. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof^a. Dr^a. Flávia Gizele König Brun
Orientadora

Prof^o Jordão Galvan
Membro titular (UTFPR)

MSc. Suzamara Biz
Membro titular (Engenheira Mestre)

MSc. Makerli Galvan Zanella
Membro titular (UTFPR)

- O termo de aprovação assinado encontra-se na coordenação do curso –

RESUMO

PEREIRA, Bruna. **Análise dos efeitos do entorno urbano sobre o sistema radicular de árvores viárias de São Mateus do Sul- Paraná.** 2017. 101 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2017.

O presente estudo teve por objetivo avaliar as principais influências do entorno urbano, (tipo de pavimento, tipo de área livre, tamanho de área livre, temperatura do solo) e a consequência destes na queda das árvores viárias e como forma de orientação para melhores ações de manejo desses indivíduos de São Mateus do Sul- PR. Para a realização do estudo foram selecionadas duas espécies arbóreas Árvore da china (*Koelreuteria bipinnata* Franch) e Tipuana (*Tipuana tipu*) com base nos dados do Plano Diretor de Arborização Urbana da cidade. As variáveis analisadas foram em relação à área de copa, altura total, DAP (diâmetro a altura do peito), comprimento de raiz, temperatura do solo, tipo de pavimento, tipo de área livre e tipo de cobertura da área livre que esses indivíduos se encontravam. Os dados coletados foram tabulados em planilhas do Microsoft Excel® e processados pela análise estatística por meio da Correlação de Pearson e testes de comparação de médias (teste de Tukey) a um nível de significância de 5,0% de erro através do Software ASSISTAT 7.6. Dessa forma, o melhor tipo de pavimento e cobertura da área livre para o meio urbano foram os ditos como permeáveis, oferecendo aos indivíduos condições adequadas para o desenvolvimento do sistema radicular. A partir das condicionantes físicas do solo observou-se à medida que a temperatura do solo aumenta menor é o crescimento das raízes, sendo este um fator limitante e que o uso de coberturas permeáveis auxiliam para diminuição desse aquecimento, além de apresentar menor compactação do solo. Portanto, é importante salientar que a qualidade do sistema radicular dos indivíduos é influenciada pelas condições do ambiente onde se encontram inseridos e que o mau planejamento e implantação da arborização resulta em vários problemas, potencializando o número de queda de árvores e aumento no número de levantamento de calçadas, afloramento na área livre e enovelamento de raízes, como também na integridade ou grau de apodrecimento do sistema radicular.

Palavras-chave: Arborização Urbana. Planejamento. Tipos de pavimentos.

ABSTRACT

PEREIRA, Bruna. **Analysis of the urban surroundings' effects on the root system of urban trees in São Mateus do Sul – Parana.** 2017. 101 f. Course Conclusion Work (Graduation in Forest Engineer) - Federal Technological University of Parana. Dois Vizinhos, 2017.

This study aims to evaluate the main influences of the surroundings (type of pavement, type of flowerbeds, size of free area, soil temperature) and their influence on the tree falling of road trees in São Mateus do Sul – PR. To realize this study, four individuals of each tree species will be selected, based on the data from the City's Master Plan of Urban Forestry. The analyzed variables are going to be in relation to the crown radius, total height, CAP, roots system health, soil temperature, type of floor and type of free area and type of cover of free area where these individuals are found. Thus, the best type of pavement and coverage of the free area for the urban environment were said to be permeable, offering individuals adequate conditions for the development of the root system. From the physical conditions of the soil it was observed that as the soil temperature increases, the root growth is smaller, which a limiting factor is and that the use of permeable cover helps to reduce this heating, in addition to presenting less soil compaction. Therefore, it is important to emphasize that the quality of the root system is influenced by the conditions of the environment where they are inserted and that bad planning and implantation of the trees results in several problems, increasing the number of trees falling and increasing the number of sidewalks, Outcropping in the free area and rooting of roots, as well as in the integrity or degree of root rot.

Key-words: Urban forestry. Planning. Type of pavement.

Engenharia Florestal é a única profissão onde se tem o escritório perfeito, tem-se as florestas como parede e o céu como teto.

(Flávia Gizele König Brun, 2016)

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus pela dádiva da vida.

Em especial agradeço a meus pais Sirley Terezinha Pereira e Sebastião Biranoski Pereira aqueles que são minha base, inspiração e maiores exemplos que sempre estiveram ao meu lado apoiando, incentivando e com muito carinho não mediram esforços para minha formação. A minhas irmãs Sandra Pereira Nizer e Karla Pereira, sobrinhos, cunhados e a todos os tios, tias e primos que de uma forma ou de outra me ajudaram e torceram por mim.

Agradeço com todo o carinho a Prof. Dr^a. Flávia Gizele König Brun por ter acreditado em minha capacidade, pela confiança depositada em minha pessoa, pela paciência, companheirismo e principalmente por estar sempre presente quando eu mais precisei e por compartilhar todo seu conhecimento, contribuindo para minha formação profissional.

O meu muito obrigada ao Prof. Dr^o Eleandro José Brun que sempre esteve presente, auxiliando de alguma forma nas tomadas de decisões, discussões e demais trabalhos, como também pelos incentivos e apoio em todo o período de graduação.

Agradeço ao grupo de Pesquisa em Silvicultura e Ecologia Urbana e ao grupo PET Engenharia Florestal o qual fiz parte durante a graduação, pelo apoio e incentivo na realização de todos os trabalhos, por proporcionar grande experiência profissional e pessoal, além de grandes amizades.

Aos amigos que jamais poderia deixar de agradecer, Charles Costa Coelho, Dayana Saidel, Dionatan Gerber e Kamille Miranda Kuntz, que de alguma forma sempre estiveram ao meu lado incentivando e apoiando. O meu muito obrigado pela amizade, ensinamentos e as boas horas de convivência nas aulas e nos trabalhos.

A minha querida amiga Maraiza Minozzo que nesse período sempre esteve ao meu lado, incentivando e apoiando meu trabalho.

Ao meu namorado e amigo Antonio Marcos dos Santos e amiga Dieniffer Suelen dos Santos por deixarem suas férias e auxiliarem no período de coleta de dados, principalmente pela paciência e apoio nesse período.

Serei eternamente grata a todos que estiveram presentes em minha trajetória acadêmica, amigos, colegas, professores e a todos os demais que contribuíram de

alguma forma, incentivos, conselhos, ajuda e colaborações. Jamais os esquecerei e sentirei bastante saudade!

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo geral	14
2.2 Objetivo específicos	14
3 JUSTIFICATIVA.....	15
4 REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
4.1 Histórico e benefícios da arborização urbana	17
4.2 Fatores do entorno urbano que afetam o desenvolvimento e estabilidade de árvores urbanas.....	20
4.2.1 Solo urbano: densidade e temperatura	20
4.2.2 Pavimento	23
4.2.3 Tamanho do canteiro	26
4.3 Influências do sistema radicular sobre a estabilidade de árvores urbanas	28
5 MATERIAL E MÉTODOS	31
5.1 Descrição da área de estudo	31
5.2 Metodologia a ser empregada	33
5.2.1 Seleção das espécies e indivíduos representativos	34
5.2.2 Coleta de dados sobre as espécies analisadas	37
5.2.3 Condições do sistema radicular e fitossanidade	41
5.2.4 Temperatura do solo	48
5.2.5 Resistência a penetração do solo na área livre pelo aparelho Penetrógrafo.....	49
5.2.6 Tipo de pavimento	51
5.2.7 Tipo de área livre.....	52
5.2.8 Tipo de cobertura da área livre	55
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
6.1 Aspectos das árvores mensurados	57
6.1.1 Zona de Ruptura das raízes (ZRR _{árv}) e Zona Alvo (ZA _{árv}).....	62
6.1.2 Alvos conflitantes	67
6.1.3 Distribuição do sistema radicular.....	69
6.1.4 Ocorrência de execução de podas de raízes	76

6.1.5 Temperatura da superfície do solo	79
6.1.6 Integridade ou grau de degradação das raízes	84
6.1.7 Diferentes tipos de área livre e cobertura da área livre	87
6.1.8 Resistência a penetração do solo	89
7 CONCLUSÃO	94
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95

1 INTRODUÇÃO

Atualmente a maior parte da população brasileira reside nas cidades, o que correspondem aproximadamente 84,36% da população urbana, caracterizada como a maior de todos os tempos, podendo chegar a 93,6% até 2050 (IBGE, 2010). Com este acréscimo populacional nas áreas urbanas é possível observar o aumento do número de edificações, maior número de veículos, e o acréscimo da concentração de pessoas, ou seja, maior é a área recoberta por cimento e menor os espaços para a implantação da arborização, entre outros aspectos que ocasionaram possíveis modificações no meio urbano.

Devido a essa concentração de pessoas nas cidades e do aumento das atividades industriais, a qual ocasionam sérios problemas sociais e ambientais, como: compactação do solo, poluição hídrica, visual e sonora e aumento da temperatura entre outros fatores (ROCHA e WERLANG, 2005).

Atualmente, a presença de árvores no meio urbano vem se tornando cada dia mais importante, devido seu papel em relação a melhoria da qualidade do ambiente, em virtude de seus múltiplos benefícios ambientais.

Desse modo, a vegetação desempenha inúmeras funções relacionadas a aspectos ecológicos, estéticos e sociais. As árvores amenizam a temperatura, aumentam a umidade do ar, aumentam os efeitos decorrentes da poluição atmosférica e sonora, além de, melhorar a qualidade de vida do ser humano, contribuem para o lazer, conforto e bem estar populacional.

Segundo Nieri (2013), uma árvore bem nutrida e bem manejada é caracterizada como melhor indivíduo para o meio urbano, o qual apresenta maior tempo de sobrevivência. É fundamental que as árvores tragam ao meio urbano os benefícios a qual ela se propõe, como, por exemplo, a melhoria do microclima urbano e controle da poluição. Para tanto se faz necessário o planejamento adequado da implantação, a seleção da espécie correta, e o bom manejo no meio urbano.

No entanto a arborização das cidades brasileiras tem sido realizada sem atentar-se aos principais cuidados relacionados à nutrição e práticas corretas de manejo e implantação das árvores introduzidas no meio. O que tem ocasionado vários problemas como mau desenvolvimento das raízes e da parte aérea da planta,

maior incidência de indivíduos susceptíveis a pragas e doenças além do risco de queda dessas árvores. Portanto, as árvores urbanas devem apresentar ótimo vigor nutricional e boa condição fitossanitária (BRUN e BRUN, 2010), afim de se evitar problemas futuros.

A falta de vigor nas árvores, juntamente com o grau de compactação do solo, ocasionam para as árvores urbanas baixo crescimento e indivíduos susceptíveis ao ataque de pragas e doenças, aumentando o risco de queda desses indivíduos. Essas condições ressaltam a importância das árvores no meio urbano estarem vigorosas. Diante desse cenário, o ambiente urbano vem sendo caracterizado por condições severas e hostis, tanto para a população quanto para a arborização, devido ao aumento das temperaturas e aumento no potencial de conflitos entre árvores e calçadas/meio-fio cada vez maior (NIERI, 2013).

Com base nas premissas apresentadas acima, é importante salientar que áreas arborizadas são espaços fundamentais dentro das cidades, pois, agregam tanto benefícios ambientais como de qualidade de vida e identidade histórico cultural da população urbana, e sua conservação e distribuição adequada dentro das cidades sagra-se como uma das medidas preferenciais para o planejamento urbano sustentável.

Dessa forma, analisar o local onde a árvore está inserida e quais condições elas apresentam no local é fundamental para a implantação e manejo da arborização urbana, pois nem sempre os danos nos pavimentos são causados pelas raízes das árvores, podendo ser resultado das condições do solo tanto quanto da idade deste pavimento, incluindo-se também erros técnicos na sua construção, ou seja, as condições inadequadas de áreas livres e tipo de cobertura desse local (WATSON et al., 2014).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O presente estudo teve por objetivo avaliar as principais influências do entorno urbano (tipo de pavimento, tipo de área livre, tamanho de área livre, temperatura do solo, resistência a penetração do solo e integridade ou grau de degradação das raízes), e possíveis falhas do sistema radicular e a consequência destes nas quedas de árvores viárias de São Mateus do Sul- PR.

2.2 Objetivo específicos

Com base no objetivo geral proposto, o presente trabalho teve por objetivos específicos:

- Avaliação do entorno, visando o melhor ambiente para o desenvolvimento dessas árvores considerando os diferentes tipos de pavimento, o qual proporcione a elas as condições adequadas sem limitações ao seu desenvolvimento;
- Avaliação das condicionantes físicas do solo (temperatura e resistência à penetração do solo), com objetivo de avaliar o desenvolvimento das raízes e o grau de compactação do solo onde se encontra as espécies;
- Avaliação do sistema radicular, visando o melhor desenvolvimento das raízes e possíveis efeitos que levam ao envelhecimento e ruptura das calçadas;

3 JUSTIFICATIVA

A arborização urbana é considerada nos dias atuais uma das mais importantes atividades da gestão urbana, pelo fato de desempenha inúmeras funções influenciadas por vários fatores culturais, sociais, econômicos e, sobretudo, ecológicos, interferindo no bem estar da população (GONÇALVES e SANTOS, 2011).

Atualmente com o aumento da concentração de pessoas vivendo nas cidades acabam surgindo modificações no meio, potencializando a ocorrência dos problemas ambientais. Essa alteração se dá devido à supressão de árvores saudáveis, para a ocupação desses espaços por edificações contínuas, proporcionando desconforto ao ser humano (MARTELLI, 2011).

Com esse aumento populacional e desenvolvimento constante das cidades, a arborização passa a ser mais significativa devido seus diversos benefícios. No entanto, para que esses benefícios sejam alcançados, é primordial a existência de uma arborização de qualidade e proveniente de um planejamento, replanejamento ou de um manejo adequado, para que isso seja possível é essencial o reconhecimento arbóreo efetivo (MAZIOLI, 2012), o qual pode ser realizado por meio do plano diretor de arborização urbana do município, o mesmo permite o reconhecimento desses indivíduos quantificando-os e qualificando-os.

Portanto, é fundamental o conhecimento das árvores urbanas, quais as espécies presentes, as suas condições em relação à fitossanidade da árvore e do sistema radicular, seu porte e onde elas estão localizadas, quais as condições do entorno destes, assim como a definição de práticas de manejo e monitoramento adequado.

Em vista disso, uma simples análise desse meio determina a necessidade destas em relação à ausência da arborização, a qual tem como objetivo melhorar a qualidade de vida além do papel estético característico ao seu próprio uso.

A necessidade de estudo em relação ao sistema radicular e as condições que compõem o entorno das árvores é muito importante para caracterizar a atual situação desses indivíduos no ambiente em que estão inseridos, uma vez que

influenciam o desenvolvimento destes, tornando-os com baixo vigor, favorecendo a compactação do solo e limitando o desenvolvimento das raízes.

A partir destas citações, é possível constatar a necessidade da adoção de práticas de manejo e de profissionais capacitados para tal execução. O município de São Mateus do Sul, até o momento não possuía nenhum plano de manejo para a arborização urbana, este vem sendo realizado em parceria com o Grupo de Pesquisa em Silvicultura e Ecologia Urbana da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Dois Vizinhos o Plano Diretor de Arborização Urbana de toda a cidade.

Com bases nesses dados foi realizado análises dos efeitos do entorno urbano sobre o sistema radicular de árvores viárias, possibilitando o conhecimento do local onde a maior parte dos indivíduos arbóreos estão inserido, qual a influência destes em relação ao sistema radicular e a possível queda de árvores e consequências que levam a potencialização desse risco, além de reconhecer o melhor tipo de entorno para o desenvolvimento adequado dessas árvores.

Esses dados podem ser utilizados como base para a orientação da administração e da população, em relação à importância da arborização viária e do planejamento inicial da arborização urbana dentro das cidades, além da adequação correta desses locais onde serão plantadas árvores contribuindo para a redução de custos com manutenções contínuas desses indivíduos no meio urbano e para a melhoria de vida, além da estética da cidade.

Por tanto, pretende-se encontrar o melhor ambiente para o desenvolvimento dessas árvores considerando os diferentes tipos de pavimento, o qual proporcione a ela, as condições adequadas sem limitações do seu desenvolvimento, visando solucionar problemas futuro tais como: levantamento de calçadas, enovelamento de raiz, poda das raízes, conseqüentemente reduzir o número de quedas entre outros problemas ocasionados por essas limitações, afim de melhorar o ambiente urbano e reduzir possíveis custos relacionados a essas condições.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Histórico e benefícios da arborização urbana

Hoje, 54,0% da população mundial vivem em território urbano, uma proporção que se espera aumentar para 66,0% em 2050 (UNRIC, 2015).

Os centros urbanos são caracterizados pela ocupação por edificações contínuas. Com isso a introdução e o manejo da arborização nos centros urbanos constituem em mais um serviço público cedido, como técnica de amenização dos impactos ambientais adversos devido às condições de artificialidade dos centros urbano, além dos aspectos ecológico, histórico, cultural, social, estético e paisagístico, que influenciam a sensação de conforto ou desconforto das pessoas (CEMIG, 2011).

A arborização urbana é definida como toda a vegetação que compõe o cenário urbano, sendo um dos componentes bióticos mais importante das cidades, devido suas condições ambientais serem favoráveis a população. Tecnicamente é caracterizada por Arborização viária (árvores de rua), praças, parques urbanos, unidades de conservação urbana, quintais e demais áreas privadas e públicas (MILLER, 1997).

Atualmente, a presença de árvores no meio urbano vem adquirindo grande importância. Pode-se perceber nas cidades as diferenças entre as regiões arborizadas e aquelas desprovidas de arborização, os locais com a presença de vegetação são mais agradáveis aos sentidos humanos (ROCHA e WERLANG, 2004) devido aos benefícios proporcionados pelas árvores, como:

- benefícios ecológicos referindo-se a melhoria microclimática, no qual por intermédio de suas folhas absorvem a radiação solar que diminui a reflexão e proporcionam sombra, reduzem ou aumentam a velocidade do vento e aumentam a umidade atmosférica;
- benefícios estéticos adição de cores ao cenário urbano com as flores, folhas e troncos, promoção de modelos de paisagem e identidade local através de espécies, a anulação de monotonia de pavimentos e alvenaria;

- benefícios econômicos e sociais referindo-se à promoção das cidades, sendo atração turística e também a valoração de imóveis;

E outros benefícios se dão pela oportunidade da educação ambiental à população (COPEL, 2009).

Com o passar do tempo à importância da vegetação veio se alterando, para alguns a existência de árvores nas cidades era de grande importância para o ser humano, para outros era apenas a beleza estética oferecida (BONAMETTI, 2003).

Na antiguidade os espaços com vegetação eram consideradas como lugares de luxo e lazer, atualmente passaram a ser considerados uma necessidade tanto para a recreação como também exigência ambiental principalmente de defesa do meio ambiente quando se tratam de degradação dos meios urbanos (LIMA e AMORIM, 2006).

Segundo Santos e Teixeira (2001) em 1.700, as árvores eram consideradas apenas como elementos das florestas urbanas. No ano de 1.800 nas cidades de Londres e Paris é que as árvores passaram a ser introduzidas nos centros urbanos, devido à beleza e elementos arquitetônicos por elas fornecidos, a partir daí, começaram a ser vistas de outra forma.

No Brasil, a primeira tentativa de implantação de árvores no meio urbano ocorreu na cidade de Recife no século XVII, logo seguido Rio de Janeiro, São Paulo, Porto Alegre, dentre outras, foram iniciando a implantação de arborização de algumas ruas e pela implantação de parques e praças, com a intenção de se implantar algo similar ao que se encontrava na Europa (SILVA; PAIVA; GONÇALVES, 2007).

Atualmente a maioria das cidades no Brasil fazem uso da arborização de vias, praças, parques e jardins como apelo ecológico, porém em escalas diferentes como Curitiba e Maringá, consideradas como as cidades mais arborizadas do Brasil e João Pessoa, conhecida como cidade verde do Brasil (CARVALHO; NUCCI; VALASKI, 2010).

Isso se deve ao fato de desempenhar inúmeras funções ecológicas, paisagísticas e recreativas, proporcionando a melhoria na qualidade estética, funcional e ambiental das cidades, ou seja, contribuem de modo significativo para a qualidade de vida e o equilíbrio ambiental nas cidades.

Gonçalves e Paiva (2004) relatam que a necessidade da arborização ocorre em todas as cidades, porém em diferentes graus. Onde as maiores cidades sofrem mais em relação à qualidade ambiental devido à artificialização do meio, enquanto que pequenas cidades não possuem um grau tão avançado de urbanização, possuindo um clima de certa forma ainda agradável. A arborização urbana é fundamental no planejamento das cidades, pois direta ou indiretamente influenciará na qualidade de vida da sociedade, tanto em termos sociais, econômicos, ecológicos e culturais (BIZ, 2014).

Diferentemente da maioria das pessoas que consideram a arborização urbana somente como um agregado de árvores espalhadas pelo meio urbano, a qual pode ser definidas como a soma de toda a vegetação lenhosa que circunda e envolve os aglomerados urbanos podendo ser composta pela arborização viária, praças, vegetação dentro dos parques, quintais, unidades de conservação e demais áreas privadas (MILLER, 1997). Assim, a floresta urbana deve ser vista como uma parte crítica da infraestrutura verde que compõe o ecossistema urbano.

Segundo Romero (2006), as modificações presentes no meio urbano são responsáveis pelas alterações no clima de uma determinada região, pois os materiais presentes na superfície urbana possuem capacidade térmica mais alta.

Estes efeitos estão associados à redução dos espaços verdes, favorecendo a emissão de gases liberados de indústria e veículos, atividades que favorecem a maior poluição atmosférica e sonora, diminui a umidade do ar, favorece a inexistência de interações ecológicas, circulação dos ventos, dentre outras, os mesmos são percebidos pela população, a qual vem suportando, seus efeitos e, a cada dia, torna-se mais consciente dessa situação (MOTTA, 1998).

Segundo Paula (2004) a emissão dos raios solares no território urbano ocasiona vários efeitos, que acabam causando desconforto ao ser humano, a implantação de áreas verdes é um dos elementos que podem ser usados para bloquear a incidência desses raios solares, contribuindo para o equilíbrio do balanço das cidades. No entanto com a modernização das cidades, a arborização viária tornou-se uma necessidade tanto para a recreação quanto a e saúde pública (LIMA; AMORIM, 2006).

Portanto, a arborização das cidades, além da estratégia de amenização de aspectos ambientais adversos, é importante sob os aspectos ecológico, histórico,

cultural, social, estético e paisagístico além fornecendo às comunidades, benefícios ambientais, econômicos e sociais (COPEL, 2009).

Vantagens econômicas, tais como a redução dos custos de aquecimento e refrigeração, aumentam o valor de propriedade e benefícios ambientais, como a redução do calor urbano, tamponamento do vento, diminuição do ruído, reduz o escoamento de águas das chuvas, estas são apenas algumas das formas que as árvores podem melhorar nossas vidas (BASSUK et al., 2011). Mesmo com a melhor das intenções, no entanto, as árvores são muitas vezes sacrificadas em face do desenvolvimento (CEMIG, 2009).

O aumento do número de indivíduos suprimidos no meio urbano é resultante da diminuição do vigor da planta devido as condições do solo urbano, que refere-se aos possíveis fatores que se encontram no seu entorno, os quais podem prejudicar no seu desenvolvimento.

4.2 Fatores do entorno urbano que afetam o desenvolvimento e estabilidade de árvores urbanas

Apesar de todos os benefícios fornecidos pelas árvores urbanas, as mesmas ainda são implantadas sem planejamento, o que acaba limitando seu desenvolvimento. Uma vez, que esta só cumprirá com seu papel, se estiver bem planejada. Por isso, deve-se atender aos fatores que influenciam no desenvolvimento da árvore urbana, sendo eles: as condições do solo urbano: densidade e temperatura, pavimento e tamanho dos canteiros, sendo esses considerados uns dos fatores do entorno urbano que afetam o desenvolvimento e estabilidade de árvores urbanas

4.2.1 Solo urbano: densidade e temperatura

O solo é classificado como corpo natural que se desenvolvem por muitos anos, constituído de camadas e, ou, horizontes apresentando diferentes

características químicas, físicas e biológicas, constituído por materiais minerais e orgânicos (SIBCS, 2006). Essas características proporcionam benefícios tais como: retenção de água, fertilidade, drenagem, aeração, resistência e compactação do solo, entre outras, os quais contribuem para o desenvolvimento de um vegetal (CRAUL, 1999).

Segundo Santos Junior (2008), solo urbano e solo natural são diferentes. Solos urbanos ou “antrópicos”, se aplicam a aqueles que são alterados pela prática de uso excessivo do homem, ou seja, através de ações humanas e do ambiente entre outros. Caracterizado como, sendo uma ação humana, não agrícola, que atua sobre a estrutura, formação e composição do solo urbano. No entanto solos naturais são aqueles que não sofrem ações humanas, somente ações do intemperismo e do meio.

Atualmente o solo urbano possui grande parte de sua superfície coberto por cimento, como ruas, áreas pavimentadas, edificações, e vários tipos de matérias que ocupam maior parte da superfície. No qual, futuramente resultam em compactação do solo, o que implica na resistência a penetração das raízes, modificando a ação da água superficial, diminuindo sua infiltração, ocasionando a perda de aeração pelo decréscimo da porosidade e baixa fertilidade, (PEDRON et al., 2007).

Além de modificar a formação do solo, favorece a maior compactação, eleva o pH do solo, a aeração e drenagem são limitadas, atividades dos organismos do solo são modificados, a ciclagem de nutrientes é interrompida, passam a existir materiais antrópicos e outros contaminantes e a temperatura do solo é modificada. Resultando então em alterações nas suas propriedades, que dificultam a implantação e a manutenção, diminuindo a características ambientais e elevando os custos da arborização (SANTOS JUNIOR, 2008).

Os solos não compactados, apresentam densidade entre 1,1 a 1,4 g cm⁻³, ao mesmo tempo em que os solos urbanos apresentam densidade entre 1,5 a 1,9 g cm⁻³, chegando a 2,0 g cm⁻³ o que impossibilita o desenvolvimento do sistema radicular das árvores urbanas, aumentando à resistência a penetração, ocasionando assim a má penetração da raiz seguida de enovelamento do sistema radicular e o levantamento das calçadas, muros, pavimento, entre outros (BASSUK et al., 2004; TROWBRIDGE (2004)).

A compactação faz com que a resistência mecânica aumente, tornando-se favorável quando se trata de construções civis e desfavorável onde se deseja o crescimento e desenvolvimento de plantas, pois acaba restringindo o desenvolvimento das raízes. Esse fator pode ser causado pelo tráfego de pedestres, veículos e máquinas, reduzindo assim os espaços porosos através das forças exercidas sobre a área superficial do solo, qual compacta e esmaga os agregados em tamanhos menores incluindo as altas temperaturas da superfície do solo o que se torna a cada dia mais limitante do sistema radicular das árvores urbanas (SANTOS JUNIOR, 2008).

O aumento da temperatura do solo se dá pela emissão da radiação solar diretamente sobre a superfície, os quais por sua vez dependem do tipo do solo, textura, estrutura, e teores de matéria orgânica. Onde os solos arenosos apresentam maior temperatura 60°C que os solos argilosos, 40°C esses valores correspondem ao horário mais quente do dia (12 horas), o que se deve ao solo argiloso apresentar maior eficiência na condução de calor, tendo menor amplitude térmica diária (CRAUL, 1992).

Os solos urbanos por sua vez, oferecem condições inadequadas como: redução da fertilidade, da drenagem, e baixa resistência e compactação do solo, ao desenvolvimento vegetal devido à ocorrência de fatores limitantes. Geralmente, estes solos possuem suas camadas removidas ou alteradas, provocando situações indesejáveis. Uma alternativa para minimizar esses efeitos causados pela compactação do solo (levantamento de calçadas/pavimentos, ou pela escolha de espécies erradas para a arborização de uma cidade), resume-se na elaboração de um Plano Diretor de Arborização Urbana, adequado e muito bem aplicado evitando assim inúmeros problemas no meio urbano (HARRIS et al. (2004),

Com isso, observa-se a necessidade da análise das condições em que o indivíduo está inserido. Dessa forma, ressalta-se a importância de avaliar o tipo de pavimento em que se localiza o indivíduo, pois se tem pavimentos que promovem maior infiltração de água proporcionando maior umidade ao solo, oferecendo dessa forma melhor condições de desenvolvimento para o indivíduo.

4.2.2 Pavimento

Os pavimentos presentes no meio urbano podem ser definidos como uma camada exposta à superfície do solo, tendo como finalidade o revestimento do solo além de proporcionar via de fácil acesso à circulação de pessoas. Podendo ser permeáveis ou impermeáveis, facilitando e ou dificultando a infiltração e a manutenção desses solos urbanos (MAUS; RIGHES; BURIOL, 2007).

De acordo com Nieri (2013) pavimentos permeáveis são aqueles que possuem espaços livres na sua estrutura, o qual possibilita a passagem de água para a superfície do solo favorecendo para o desenvolvimento e crescimento das árvores. O uso desses pavimentos em áreas urbanas visa: uma maior infiltração, melhor desenvolvimento das raízes e maior umidade do solo. Sendo ele o mais indicado para o uso urbano. Em relação aos diferentes tipos de pavimentos (Quadro 1), pode-se obter diferentes percentagens de infiltração, compactação e nutrição.

Quadro 1 – Diferentes tipos de pavimento, taxa de infiltração e compactação dos pavimentos encontrados nos centros urbanos.

Pavimentos	Infiltração (%)	Compactação (g cm⁻³)
Grama	98%	1,3
Pedra	55%	1,4
Solo descoberto	35%	1,6
Calçadas (lastro de brita e concreto)	29%	1,8

Fonte: NIERI (2013).

Dessa forma é possível observar a influência dos pavimentos, comparando a compactação do solo e a infiltração de água nos pavimentos constituídos por calçada, grama, solo descoberto e pedra, onde se obteve 98% de infiltração no pavimento coberto por grama e 1,3 g cm⁻³ de compactação e em pavimento impermeável apenas 29% de infiltração no asfalto e 1,8 g cm⁻³ de solo compactado. Dessa forma, percebe-se que para se obter melhores condições para as árvores

urbanas deve-se utilizar o pavimento permeável ou coberto por grama o qual apresenta menor índice de compactação favorecendo a infiltração e a maior percolação da água no solo (NIERI, 2013).

A maioria dos indivíduos nas florestas urbanas são plantados paralelamente á vias públicas o que aumenta a necessidade de manutenção e menor expectativa de vida quando comparada á expectativa em ambientes naturais. O empobrecimento no crescimento destas árvores é frequentemente associado ao volume inadequado do solo penetrável pelo sistema radicular (Figura 1), podendo limitar a disponibilidade de água e nutrientes (SHARON, 2015).

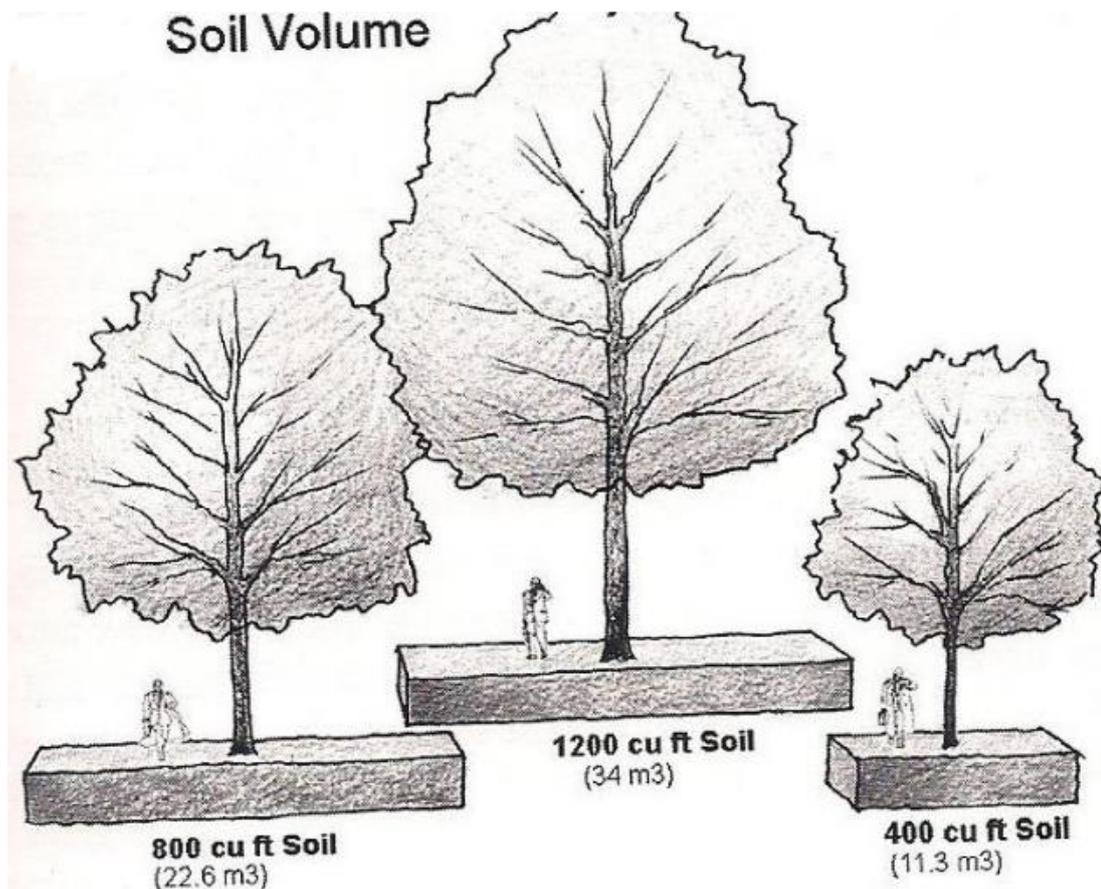


Figura 1 – Volume de solo requerido para o pleno desenvolvimento de árvores viárias em função do porte da árvore.

Fonte: Urban, 2008

Infelizmente, em ambientes urbanos isso causa um conflito entre o desenvolvimento radicular e o uso de pavimentos de revestimento. Ao mesmo tempo em que pavimentos são fortes na compressão os mesmos são fracos na tensão e o

que se observa é que o crescimento radicular subjacente resulta em falhas no pavimento (MORGENROTH, 2011).

Conflitos em potencial podem aparecer quando um ou mais dos seguintes fatores se apresentam: espécies arbóreas que apresentam maior diâmetro a altura do peito (DAP) quando maduras, com crescimento acelerado ou sistema radicular superficial, plantadas em volumes restritos de solo ou em camada de solo superficial muito fina acima de solo compactado, irrigação insuficiente, postas em distâncias menores do que dois ou três metros da calçada, e árvores mais velhas acima de 15 ou 20 anos. Tais conflitos impactam negativamente tanto o pavimento quanto a árvore, muitas vezes necessitando-se o reparo ou realocamento de ambos (WATSON et al., 2014a).

A compactação é o fator limitante para as árvores que crescem em solos urbanos. Requisitos de engenharia para a estabilidade do pavimento geralmente especificam níveis de compactação acima de $8,5 \text{ g cm}^{-3}$ (pico de densidade Proctor), impedindo ainda mais o desenvolvimento das raízes e limitando o seu crescimento no solo de instalação e interface entre o pavimento e solo compactado (BATCHELDER e BATCHELDER, 2011).

Com camadas de pavimentos impermeáveis circulando o tronco das árvores e cobrindo o sistema radicular completamente ou onde há apenas uma pequena área descoberta que permite pouca infiltração de água no solo, as árvores ficam propensas a altas temperaturas na camada superior do solo que podem reduzir a taxa de crescimento ou até matar as raízes particularmente quando estas temperaturas estão acima dos 40° C (KOZLOWSKI, 1985.; INGRAM; MARTIN; RUTTER, 1989).

Por outro lado, as regiões com maior concentração de espaços livres e com vegetação, apresentam menor temperatura, devido às plantas absorverem através de suas folhas a radiação solar pela fotossíntese e transpiração, além de proporcionar sombra para a população. O uso de vegetação é capaz de modificar o regime térmico dos solos, tanto para aumentar quanto para diminuir a temperatura, através do sombreamento proporcionado pelas copas das árvores (OLIVEIRA, 2008).

Essa alteração se dá através da densa construção e pavimentação da superfície do solo e aumento da densidade do tráfego urbano, isso faz com que

ocorra uma redução drástica das áreas verdes e a arborização urbana. O que pode se observar um aumento da temperatura devido a maior ocupação do solo por edificações, calçadas, presença de pouca vegetação e reduzindo cada vez mais o tamanho dos canteiros impossibilitando assim o desenvolvimento do sistema radicular, o que implica na má qualidade e maior as chances de queda desse indivíduo.

4.2.3 Tamanho do canteiro

Alguns fatores acabam dificultando a arborização urbana, devido às diversas funções das calçadas e canteiros, fazendo com que as árvores se desenvolvam em conflito, com fiação elétrica, postes, sistemas de iluminação pública, tubulações de água e esgoto, acesso a garagem e entrada de pessoas, lixeiras favorecendo o levantamento de calçadas. De fato o mesmo se dá pela falta de planejamento e conhecimento técnico em relação a implantação da arborização urbana, o que acarreta na presença de indivíduos arbóreos em espaço inadequado e inúmeros conflitos com a infraestrutura (ROSSETTI; PELLEGRINO; TAVARES, 2010).

Canteiros podem ser definidos como, locais destinados para o crescimento e desenvolvimento do sistema radicular das árvores, correspondem aos espaços sem pavimento deixado no passeio público, os quais possibilitam a infiltração de água e aeração do solo (BRUN, 2012).

Esses indivíduos sofrem com a interferência do tamanho inadequado dos canteiros favorecendo o estrangulamento das raízes, afloramento das raízes nas calçadas, ruas, estacionamentos, muros e construções civis entre outros conflitos. Isso faz com que o mesmo não tenha o desenvolvimento adequado, contribuindo com sérios riscos de queda e aumento da ocorrência de acidentes (CEMIG, 2009).

O potencial para conflitos entre árvores e calçadas/meio-fio é alto quando um ou mais de um desses fatores estão presentes: árvores plantadas em volume de solo restrito, solo superior raso, fundações rasas embaixo da calçada, essas falhas na calçada estão diretamente associadas com o crescimento da raiz incluem

rachaduras, saliências e falhas. O espaço limitante é a principal causa dos conflitos entre as raízes e a infraestrutura (RANDRUP; MCPHERSOR; COSTELLO, 2001).

Segundo Rossetti; Pellegrino e Tavares (2010), as técnicas adequadas devem ser observadas no momento do plantio, o que muitas vezes são suprimidas. Essas devem considerar o tamanho dos canteiros, a escolha da espécie, tipo de pavimento, tipo de cobertura, métodos de tutoramento entre outras técnicas de plantio.

A largura mínima de passeio público ideal para arborização é de 3,0 m e canteiros com 1,50 m de largura é considerado como ideal para o plantio de árvores. A área livre deve ser composta por plantas rasteiras, garantindo melhor infiltração de água e evitando a presença de solo exposto (COPEL, 2009).

Por propósitos estruturais, pavimentos e padrões são projetados para serem impermeáveis e quando rachados acabam por expor o solo subjacente às condições atmosféricas, como a precipitação e há uma concentração relativamente alta de oxigênio. A determinação do volume de solo necessário para o desenvolvimento do sistema radicular deve ser baseada em características da espécie, tamanho eventual da copa, a precipitação/disponibilidade de água anual, e qualidades sobre a textura do solo que impactam a capacidade de armazenamento de água e nutrientes (BATCHELDER e BACHELDER, 2011).

Apesar de raízes serem facilmente encontradas sob as rachaduras, as mesmas podem estar auxiliando no crescimento destas raízes abaixo delas. Com o aumento da aeração sob as rachaduras, é possível a hipótese de que algumas espécies tenham um aumento no seu crescimento radicular, resultando em um *feedback* positivo: o crescimento radicular pode promover falhas no pavimento, e falhas no pavimento podem promover o crescimento radicular. Uma alternativa a este problema seria o uso de pavimentos porosos, ou seja, permeáveis (ao ar e à água) como sugeridos por MORGENROTH (2011) e MULLANEY (2015).

Com isso, observa-se a necessidade de considerar o tamanho do canteiro da prática no manejo para o desenvolvimento adequado das espécies urbanas, onde esse irá depender das técnicas adotadas sendo fundamental conhecer o espaço físico disponível e não apenas as dimensões das calçadas e ruas, para proporcionar melhor desenvolvimento do sistema radicular e condições de estabilidade aos indivíduos.

4.3 Influências do sistema radicular sobre a estabilidade de árvores urbanas

O sistema radicular das árvores é muito variável entre as espécies, e embora algumas apresentem uma raiz principal profunda penetrando o solo verticalmente, muitas apresentam raízes rasas com distribuição ampla, garantindo uma maior estabilidade e melhor acesso de água e minerais. Ao contrário da crença comum, danos nos pavimentos nem sempre são causados pelas raízes das árvores, podendo ser resultado das condições do solo tanto quanto da idade deste pavimento, incluindo-se também erros técnicos na sua construção (SYDNOR et al., 2000; WATSON et al., 2014b).

O volume líquido de solo presente no projeto urbano utilizado é crítico para prever o crescimento de uma árvore em longo prazo. Um dossel grande típico necessita mais de 28,31m³ de solo argiloso para atingir uma dimensão suficientemente grande para começar a criar benefícios ambientais significativos, e frequentemente é muito difícil encontrar o espaço e orçamento para esta quantia de solo ao longo das vias urbanas (URBAN, 2013).

A estabilidade das árvores depende enormemente da arquitetura e da ancoragem do sistema radicular no solo. A resistência da raiz/solo dá origem à massa característica de raízes e solo vista em árvores arrancadas, chamada placa radicular (WATSON, et al., 2014b).

A força desta ancoragem é formada por quatro componentes e qualquer mudança em um deles afeta todos os outros, sendo os tais a seguir: 1) a massa das raízes e de solo que é alavancada para fora do chão; 2) a resistência do solo e da profundidade de penetração das raízes sob a placa radicular; 3) a resistência à falha sob tensão de raízes no lado de barlavento, pois o movimento ascendente da placa radicular provoca a retirada das raízes do solo com ou sem quebrar antes; 4) o comprimento do braço de alavanca (onde as raízes se dobram) no lado de sotavento, que é afetado pelo diâmetro e pela resistência à flexão das raízes (COUTTS 1983; BLACKWELL; RENNOLLS; COUTTS, 1990; KODRIK e KODRIK 2002).

Quanto mais estes componentes de ancoragem aumentam, maior é a força necessária para derrubar a árvore, portanto, a distribuição desigual do sistema

radicular acaba por reduzir a ancoragem do indivíduo. Diversos fatores ambientais influenciam a arquitetura e estabilidade radicular. Uma maior carga de vento de um lado do indivíduo, parece resultar em um aumento no crescimento de raízes laterais em detrimento das pivotantes, e provavelmente assegura uma melhor ancoragem de indivíduos jovens (TAMASI et al., 2005).

A ausência do sistema radicular, torna as árvores urbanas menos estáveis do que seus semelhantes encontrados em áreas florestais (que possuem menos ramificações e raízes de diâmetros maiores) (WATSON et al., 2014b).

No entanto, o uso do solo deve de acordo com sua aptidão, atentando-se as suas características e obedecendo a suas limitações e fragilidades, satisfazendo as necessidades de engenharia do solo, permitindo ao mesmo tempo o desenvolvimento das raízes (BATCHELDER e BACHELDER, 2011).

Algumas vezes, são construídas barreiras de concreto como por exemplo o uso de manilhas, sob o pavimento como forma de prevenção ao sistema radicular. Tais barreiras acabam limitando o desenvolvimento radicular o que acaba comprometendo a estabilidade desses indivíduos, potencializando a queda destes no meio urbano (SMILEY 2008; TWORKOSKI; ENGLE; KUJAWSKI, 1996), como pode ser visto na Figura 2.



Figura 2 – Uso de manilha em exemplar de Ligustro (*Ligustrum lucidum*) e enovelamento do sistema radicular em via pública de Santa Maria – RS.
Fonte: Brun, F. G. K. (2006).

Dessa forma a necessidade de análises contínua do entorno urbano, onde com certa frequência possibilita o conhecimento da situação da vegetação local e aspectos do seu desenvolvimento, o que possibilita a realização de ações de manejo de forma adequada, permitindo que se tenha uma arborização com maior qualidade ambiental além da segurança e estabilidade.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Descrição da área de estudo

O presente estudo foi realizado no município de São Mateus do Sul, que está inserido no terceiro planalto paranaense, a área do município é coberta ainda por mais de 50%, de vegetação original da Mata Atlântica - Floresta Ombrófila Mista. Localizado entre as coordenadas geográficas 25° 52' 36"S e 50° 23' 3"W, especificamente na região central da cidade (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO MATEUS DO SUL, 2016) Figura 3.



Figura 3 - Localização do município de São Mateus do Sul - PR.

Fonte: Prefeitura Município de São Mateus do Sul – PR (2014), Adaptado pelo autor (2016).

De acordo com a classificação de Koppen o clima predominante no município é do tipo Cfb, caracterizado como subtropical úmido mesotérmico tendo seus verões frescos, invernos com ocorrência de geadas severas e frequentes, com temperatura média de 17.1 °C e pluviosidade média anual é 1.494 mm (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO MATEUS DO SUL, 2016).

O município apresenta 1.344,283 km² de área e uma população de 41.257 habitantes em média 30,75 habitantes por km², cerca de 58% vivem na sede urbana o que corresponde aproximadamente 23.929 habitantes e 42% na área rural, distribuídos em cerca de 5 mil pequenas propriedades. O povoado de São Mateus

do Sul surgiu como pouso e setor de apoio às bandeiras militares, com o propósito da conquista de Guarapuava. No final da década de 60, a Petrobrás decidiu implantar uma usina experimental para o aproveitamento do xisto existente no município o que retomou o crescimento. A partir de 1943, por Decreto Estadual, o município passou a chamar-se São Mateus do Sul. (IBGE, 2016).

São Mateus do Sul faz limite com as cidades de Antonio Olinto, São João do Triunfo, Mallet, Paulo Frontin, Rebouças e Rio Azul, no estado do Paraná; e com Canoinhas e Três Barras, no estado de Santa Catarina (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO MATEUS DO SUL, 2016).

Com o passar do tempo, juntamente com o desenvolvimento da cidade, as árvores acabaram sendo suprimidas para dar espaço às futuras edificações, reduzindo, no entanto, o número de indivíduos, aumentando assim o número de espaços recoberto pelo uso de cimento sobre a superfície do solo, como pode ser observado na Figura 4.

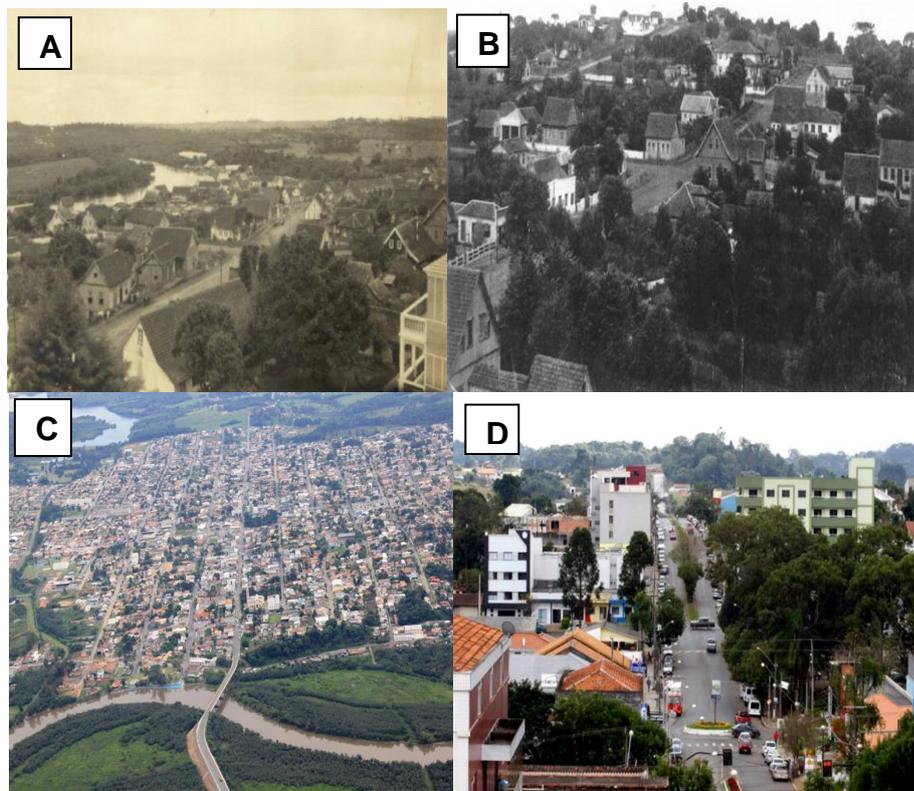


Figura 4 - Município de São Mateus do Sul: A-B) Aproximadamente 95 anos atrás (1943); C-D) Atualmente (2016).

Fonte: Prefeitura Municipal de São Mateus do Sul – PR (2016).

5.2 Metodologia a ser empregada

A metodologia empregada para este trabalho foi baseada em dados do Plano Diretor de Arborização Urbana da Cidade, o qual no presente momento encontra-se em andamento.

A área estudada fica localizada no Bairro Centro de São Mateus do Sul, limitada entre as ruas Dona Estefânia (Norte), Rua Manoel Eufrazio Correa (Leste), sentido Oeste é delimitada pela Rua Nivaldo de Paula e Silva, porém por apresentar áreas de várzea o bairro é delimitado também pela Rua Ledi Afonso Roderjam, Rua Augusto Tararam e Rua Gabriel Kantor sendo limitado pelo Rio Iguaçu (Sul) e Rua Roberto Angewitz, conforme a Figura 5.

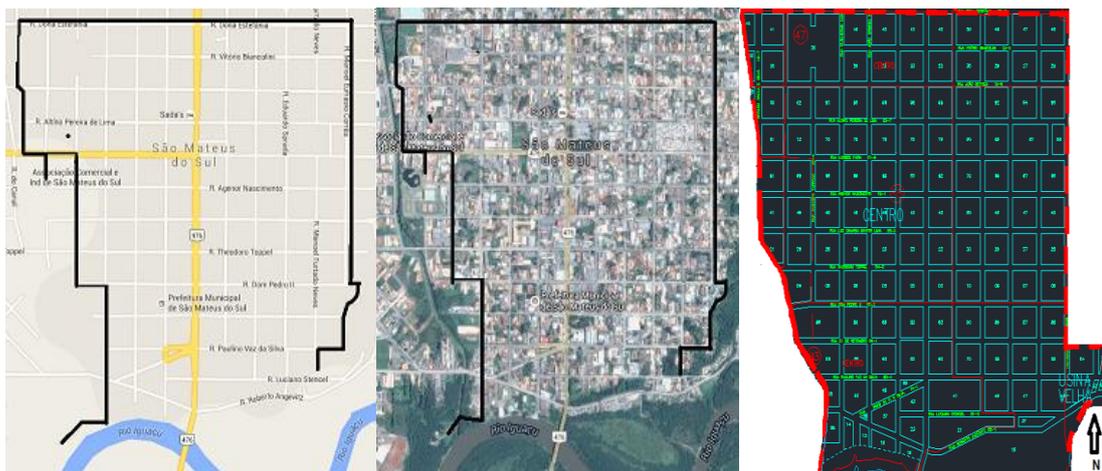


Figura 5 - Área do levantamento do patrimônio arbóreo de São Mateus do Sul.

Fonte: Prefeitura Municipal de São Mateus do Sul, Paraná (2016).

Para a realização do presente estudo foi necessário à seleção das espécies arbóreas em relação ao DAP \geq a 30 cm o qual é requisitado pelo aparelho Arboton e pelo número de espécies mais abundantes dentro da composição da arborização viária do bairro centro de São Mateus do Sul – PR.

5.2.1 Seleção das espécies e indivíduos representativos

Para a realização do presente estudo foram selecionadas duas espécies arbóreas, a escolha se deu a partir número de espécies mais abundantes no bairro centro (Tabela 1), esses foram obtido com base no Plano Diretor de Arborização Urbana de São Mateus do Sul – PR.

Tabela 1 – Atributos dos indivíduos analisados no bairro centro de São Mateus do Sul – PR.

Nome Popular	Nome Científico	Família	Origem	Nº de indivíduos existentes	Nº de indivíduos analisados
Árvore-da-china	<i>Koelreuteria bipinnata</i> Franch.	Sapindaceae	China	57	37
Tipuana	<i>Tipuana tipu</i> (Benth.) Kuntz	Fabaceae	Bolívia	75	30

Ao realizar o estudo nas vias públicas da cidade de São Mateus do Sul no estado do Paraná, tendo como base o inventario urbano contabilizou-se 1.912 indivíduos arbóreos, distribuídos em aproximadamente 149 espécies. No entanto a espécie de *K. bipinnata* corresponde a 38% da arborização e a os indivíduos de *T. tipu* 50% da arborização da bairro.

Dessas 1.912 árvores, foram levantadas 57 indivíduos arbóreos de árvore-da-china, sendo avaliado apenas 37 deles por estes atenderem os quesitos mencionados para a seleção (DAP \geq a 30 cm, e número de espécies mais abundantes) e 75 de tipuana, onde apenas 30 indivíduos foram avaliados, por meio do inventario urbano, sendo determinado com base no número de ocorrências e por possuir DAP \geq a 30 cm entre outros atributos, como demonstrados na tabela 2.

5.2.1.1 Árvore da china (*Koelreuteria bipinnata* Franch.)

A Árvore da china (figura 6) é uma espécie arbórea exótica que pertence à família Sapindaceae. Espécie caducifólia perde suas folhas nos meses de inverno, originária da China, possui tronco ereto podendo chegar de 10 a 12 metros de altura, caracterizado como indivíduo de médio porte, coloração da casca acinzentada.

Folhas grandes, glomeradas na extremidade dos ramos, são decíduas e opostas, margens denteadas e base arredondada.

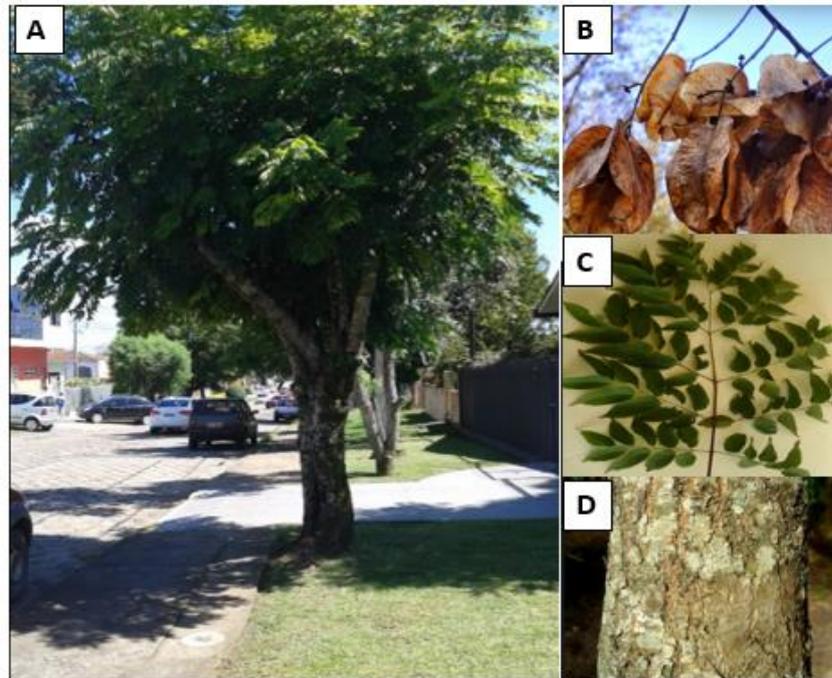


Figura 6 - A) exemplar de Árvore da China (*Koelreuteria bipinnata* Franch.); B) Frutificação; C) Folha; D) Casca.

Fonte: O autor e Franco, M (2014).

Apresenta frutos deiscentes, ovóide-globosos contendo sementes pequenas. Na fase inicial de formação é rosa e após maturação tem coloração marrom, e devido seu formato típico é chamado popularmente de lanterna chinesa, sendo a árvore popularmente também conhecida por este nome. Flores de coloração amarela, pequenas fornadas nos meses de abril-maio (LORENZI, 2003).

É recomendado para arborização de ruas e parques pelo efeito decorativo proporcionado por suas flores e frutos. Apresenta grande rusticidade, suporta o frio no entanto suporta o clima subtropical, (DIEBERGER et al., 2010).

Além destes aspectos a espécie se destaca por apresentar alta rusticidade, e propicia excelente efeito paisagístico, porém necessita de algumas práticas de manejo como podas em calçadas com fiação aérea, podas de limpeza e manutenção (BIONDI e ALTHAUS, 2005). No entanto esta espécie é responsável por 38,0% da arborização do bairro centro de São Mateus do Sul- PR.

5.2.1.2 Tipuana (*Tipuana tipu* (Benth.) Kuntze)

A *Tipuana* (figura 7) pertence à família das Fabaceae, originária da Bolívia e norte da Argentina. Espécie caducifólia, pode atingir de 12 a 15 metros de altura quando adulta considerada de grande porte, tronco com casca na coloração parda-clara, apresenta copa arredondada frondosas, folhas composta e pinadas. Suas flores são pequenas de cor amarela, possui frutos tipo sâmara, com uma ou duas sementes no seu interior (LORENZI, 2003).

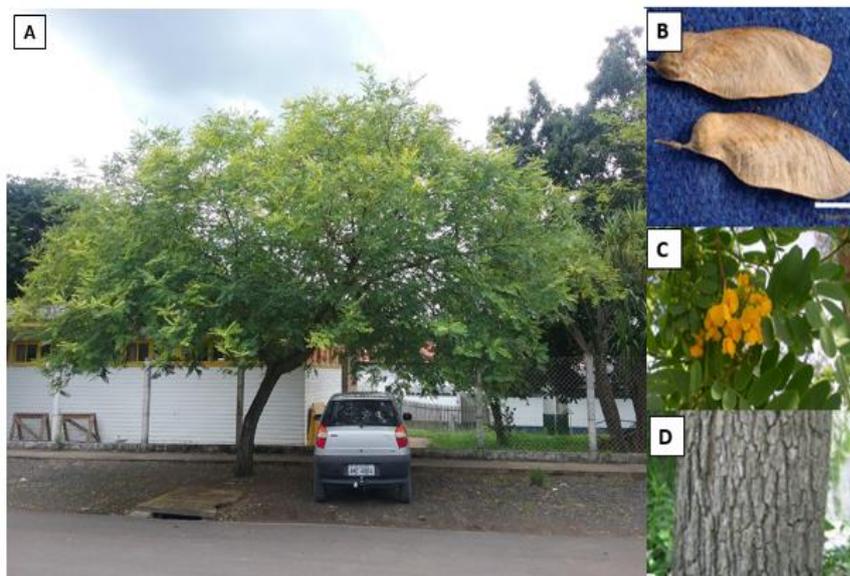


Figura 7: A) Exemplar de *Tipuana* (*Tipuana tipu* (benth.) Kuntze); B) Frutificação; C) Folha; D) Casca.
Fonte: O autor e Brazolin, S (2009).

É recomendada para arborização de ruas e parques no sul e sudeste do Brasil, pelo sombreamento e pela composição paisagística e pelo seu efeito ornamental (LORENZI, 2003).

Segundo Brun et al. (2007) observou que desfolhamento da espécie ocorreu no outono-inverno, floração em novembro-dezembro, frutificação em dezembro-setembro do ano seguinte e a queda de frutos nos meses de abril-junho. A autora afirma que as podas leves induzem a floração como também a formação de novas folhas e maturação dos frutos. No entanto as podas drástica acaba prejudicando a arquitetura da copa aumenta o risco de queda,

De acordo com Lima, (1993) a espécie afeta o calçamento, pelo crescimento superficial das suas raízes quando limitadas, pela compactação do solo e pela ausência de área livre. No entanto, a espécie é responsável por 50,0% da arborização do Bairro Centro de São Mateus do Sul- PR.

5.3.2 Coleta de dados sobre as espécies analisadas

Dentre as espécies avaliadas, foi coletado: a altura total da árvore empregando hipsômetro vertex IV), o diâmetro do tronco e área de copa com uso de trena métrica de 50,0 m, e os dados de fitossanidade da raiz foram determinados por meio de diagnose visual (Figura 8).

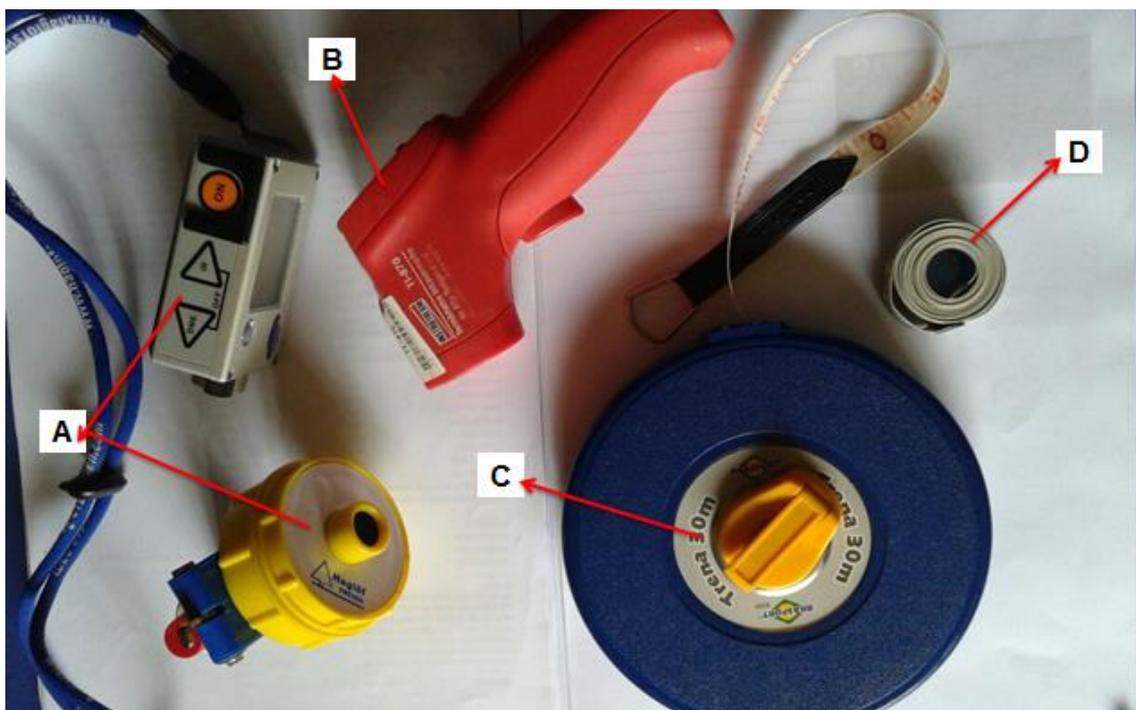


Figura 8 - Instrumentos utilizados para a mensuração das árvores analisadas no estudo:
A) Hipsômetro Vertex IV. B) Termômetro infravermelho. C) Trena métrica. D) Fita métrica de 30 m.
Fonte: O autor, 2016.

O intuito da obtenção estes dados foram para auxiliar na discussão de dados sobre as espécies e suas influências no ambiente, foram consideradas as seguintes variáveis:

Área de copa: é a área de projeção da copa, ou seja, superfície coberta pela projeção vertical da copa de uma árvore. Foi realizado quatro medições (raios) no indivíduo por meio de trena métrica de 50m, formando um ângulo de 90° (entre si) (HIGA, 2015), (Figura 9). Aferindo-se a área total de copa através da fórmula:

$$A = \pi \times R_m^2$$

Na qual:

A= Área de copa;

π = Pi;

R_m^2 = Raio médio ao quadrado.

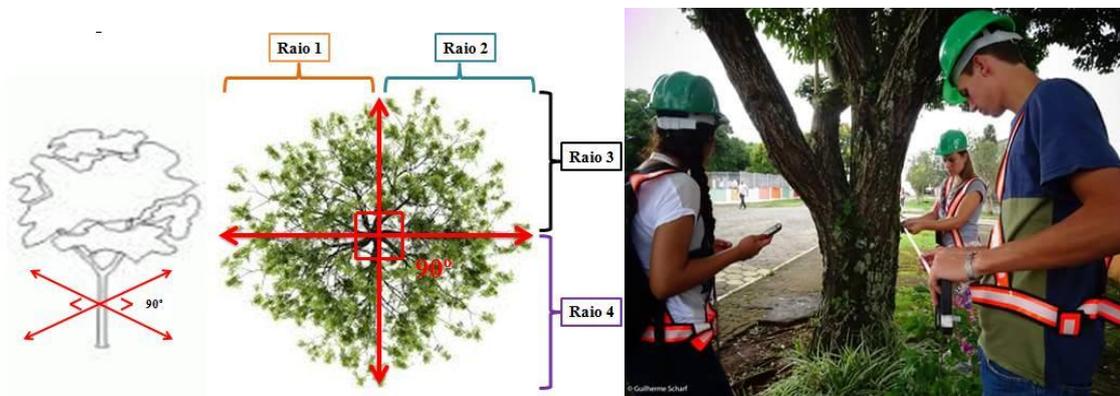


Figura 9 – Medição do raio da área de copa de cada indivíduo avaliado.
Fonte: Higa, (2015) e Scharf, (2016).

Esta variável permite obter o tamanho da área de risco e de ruptura das raízes, além da comparação da mesma em relação ao tamanho da raiz, se é realmente proporcional ao tamanho da projeção de copa.

Zona de Risco das Ruptura de Raízes ($ZRR_{\text{árv}}$): Corresponde a área de ruptura das raízes desses indivíduos em relação a possível queda dos mesmos (Figura 10). Sendo obtida a partir da fórmula:

$$ZRR_{\text{árv}} = 1,5 \times r m_{\text{copa}}$$

Na qual:

$ZRR_{\text{árv}}$ = Zona de Risco de Ruptura das Raízes (m^2);

rm_{copa} = Raio médio da copa (m).



Figura 10: Imagem representativa da Zona de Risco e de Ruptura das Raízes (m^2) de um indivíduo arbóreo, devido a zona de ruptura das raízes após a queda da árvore.

Fonte: Dunster (2013).

Altura total da árvore (ht): Corresponde à distância do solo até a inserção mais alta do galho da árvore (Figura 11). A mesma permite conhecer o porte do indivíduo, indicações em relação ao porte ideal para o local e a Zona de Risco de Queda e possíveis alvos a serem atingidos em caso de possível queda.

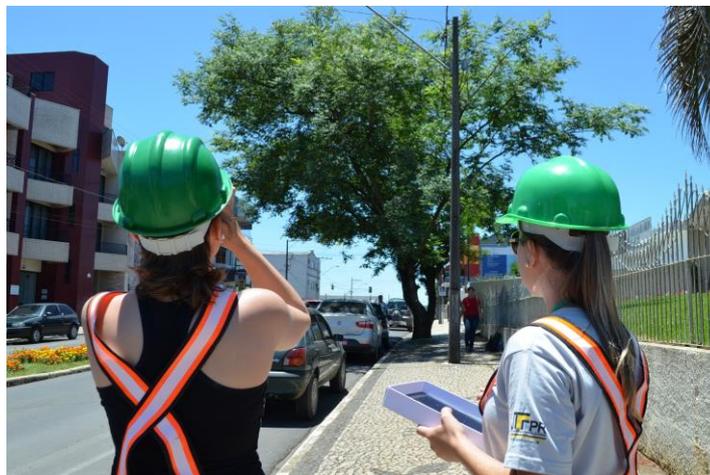


Figura 11 - Obtenção da altura total da árvore utilizando-se do aparelho Hipsômetro Vertex, no bairro centro de São Mateus do Sul- PR.

Fonte: Scharf, (2016).

Zona alvo de queda da árvore ($ZA_{\text{árv}}$): Corresponde a obtenção da zona de risco de queda da árvore, ou seja, qual será a área a ser atingida pela mesma e quais os possíveis alvos atingidos (Figura 12), utilizando-se da fórmula:

$$ZA_{\text{árv}} = (1,5 \times h_t)^2 \times \pi$$

No qual:

$ZA_{\text{árv}}$ = Zona alvo de queda da árvore (m^2);

H_t = Altura total da árvore (m).



Figura 12: Representação da Zona Alvo de Queda da Árvore, em caso de possível queda da árvore, quais serão esses.

Fonte: Dunster (2013).

Diâmetro à altura do peito (DAP): corresponde à circunferência obtida à altura de 1,30m do solo, com auxílio da fita métrica (Figura 13). A qual possibilita observar o desenvolvimento do indivíduo em relação aos diferentes tipos de ambientes. Posteriormente foram transformados em DAP (diâmetro à altura do peito), utilizando da seguinte fórmula:

$$DAP = CAP / \pi$$

Onde:

DAP = Diâmetro a altura do peito (m);

CAP = Circunferência a altura do peito (cm);

π = Pi.



Figura 13 - Obtenção da circunferência a altura do peito (CAP) dos indivíduos arbóreos presentes no centro de São Mateus do Sul - PR, com o intuito de classificar o indivíduo em relação ao porte da vegetação, e seu desenvolvimento em relação ao ambiente onde a árvore está inserida.

Fonte: Scharf, (2016).

Após a obtenção dos dados dendrométricos, foi efetuada a análise do sistema radicular desses indivíduos, sendo esta realizada por meio de diagnose visual.

5.2.3 Condições do sistema radicular e fitossanidade

Este quesito refere-se ao estado fitossanitário dos indivíduos avaliados, o que corresponde no ataque por pragas e/ou doenças as quais interferem na sanidade das plantas e as condições do mesmo em relação as condições de desenvolvimento do sistema radicular.

Quando o sistema radicular apresenta qualquer tipo de injurias não sendo benéficas ao seu desenvolvimento, acaba diminuindo o seu vigor e a sua estabilidade. É importante salientar que a avaliação de risco é apenas sobre a estrutura, e não sobre a estética ou a biologia da árvore.

No entanto a presença de raízes danificadas aumenta o potencial de acidentes, esses problemas geralmente ocorrem quando estas são cortadas ou pavimentadas e pelo fato do solo ser compactado, dificultando o desenvolvimento

das raízes, ocasionando o seu afloramento afetando as calçadas, meio-fio, muros, edificações entre outros.

Por tanto, a avaliação das situações do sistema radicular se deu em relação a presença de afloramento de raízes, ou seja, quando o as raízes ficam exposta a superfície, e possíveis danos causados ao entorno e as infraestruturas urbanas pelos afloramento das raízes (Figura 14):

- 1) Sem afloramento;
- 2) Afloramento na área livre;
- 3) Afetando a calçada;
- 4) Afetando o meio Fio;
- 5) Afetando o muro;
- 6) Afetando a edificação;
- 7) Raiz envelada;



Figura 14 – Imagens representativas da situação do sistema radicular quanto a presença de afloramentos de raízes e danos causados ao entorno e infraestruturas urbanas pelo afloramento do sistema radicular, dos indivíduos avaliados.

Fonte: O autor, (2016).

A fitossanidade foi realizada através de diagnose visual de cada indivíduo, os quais serão considerados com base nos dados do inventário de árvores viárias do

Plano Diretor de Arborização Urbana quando é identificado problemas no sistema radicular tais como (Figura 15):

- 1) Cupim/Brocas;
- 2) Fungos;
- 3) Insetos sugadores;
- 4) Exsudação;
- 5) Cancro;
- 6) Formigas;

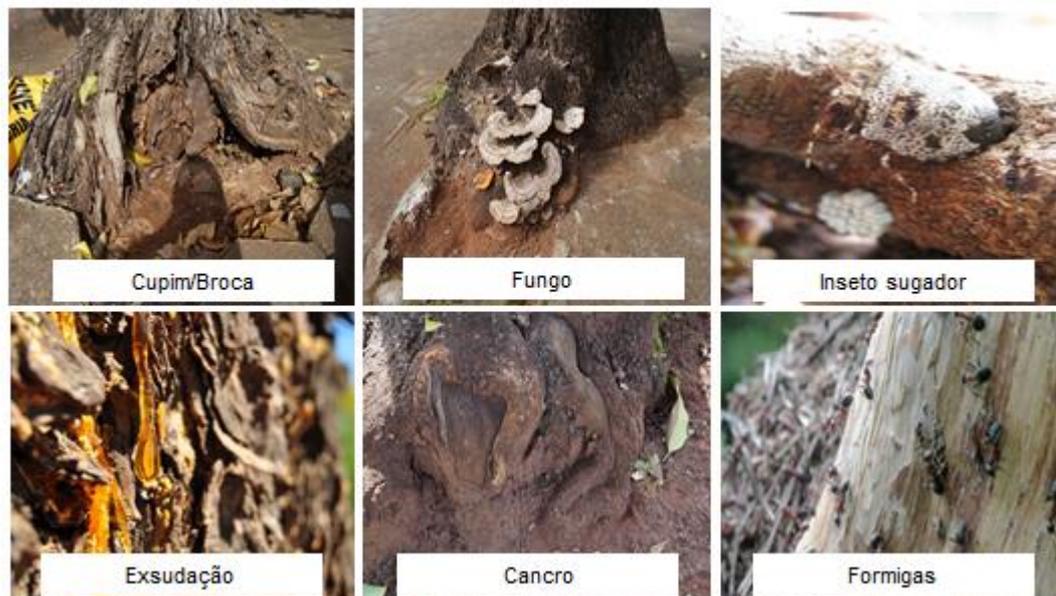


Figura 15- Imagens representativas do ataque de pragas e patógenos que comprometem/ou podem comprometer a fitossanidade do sistema radicular dos indivíduos avaliados.

Fonte: O autor (2016)

Além das análises fitossanitárias realizadas, foi efetuada uma análise de raiz em relação a integridade ou grau de degradação dessas no meio onde estão inseridas afim de avaliar o estado de cada indivíduo selecionado, para compor a avaliação o mesmo necessita ter no mínimo 30 cm de DAP para que se possa ser considerado um a árvore amostra, devido as condições do aparelho tomógrafo Arbotom o qual limita essa condição, não sendo possível avaliar indivíduos com DAP menor que 30 cm.

No entanto a análise se deu através do uso do aparelho tomógrafo Arbotom Marca Rinntech® acoplado ao sensor de Raiz Radix para análise interna do sistema

radicular abaixo do solo, possibilitando a obtenção da velocidade da propagação de onda sonora (m/s), através do software do equipamento é possível a obtenção do estado de fitossanidade e integridade da raiz, o comprimento (m) de raízes propriamente dito, os dados de distribuição e composição das raízes do sistema radicular.

Onde na seção transversal do tronco a uma altura de 0,30 m foram fixados pregos equidistantes (10 cm um do outro), atravessando as regiões da casca/alburno (até 1,0 cm), para sustentação dos sensores do tomógrafo de impulso Arbotom, onde foi acoplado o sensor de raiz, o qual foi posicionado uma distância de 1,0 m podendo distanciar-se até 9,0 m cada sensor (Figura 16).

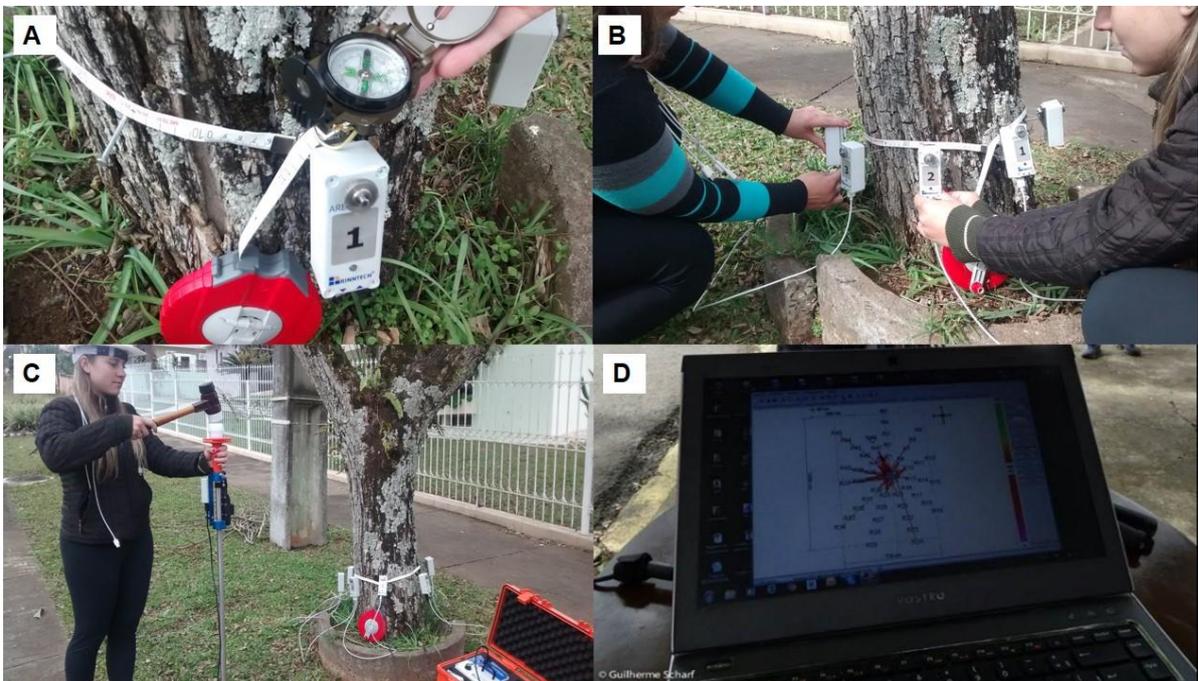


Figura 16 - Análise de risco por tomografia de impulso de uma Tipuana (*Tipuana tipu*) em via pública em São Mateus do Sul – PR. A) Sensores no tronco. B) Sensor de raiz. C) Geração de imagem. D) Imagem obtida pelo tomógrafo acoplado ao sensor de raiz.

Fonte: O autor e Scharf, (2016).

Após posicionado na direção do sensor, o mesmo recebeu no mínimo 6 pancadas de martelo para produção de ondas mecânicas, a qual chegam até os sensores com o máximo de informação possível sobre a qualidade do sistema radicular. As velocidades das ondas - no interior das raízes – entre os sensores foram calculadas pelo software do equipamento, produzindo o respectivo gráfico de velocidade de onda das raízes (imagem tomográfica).

O comprimento e integridades das raízes foram obtidas com base nas imagens tomográficas geradas pelo sensor de Raíz Radix, O comprimento de raiz foi obtido diretamente pelo sensor sendo expressa em metros.

A integridade ou grau de apodrecimento das raízes foi obtida pela interpretação das imagens tomográficas geradas, comprimento das raízes (m) e pela velocidade de propagação da onda sonora (m/s) emitida e recebidas durante a realização da análise, sendo demonstrado na Figura 17:

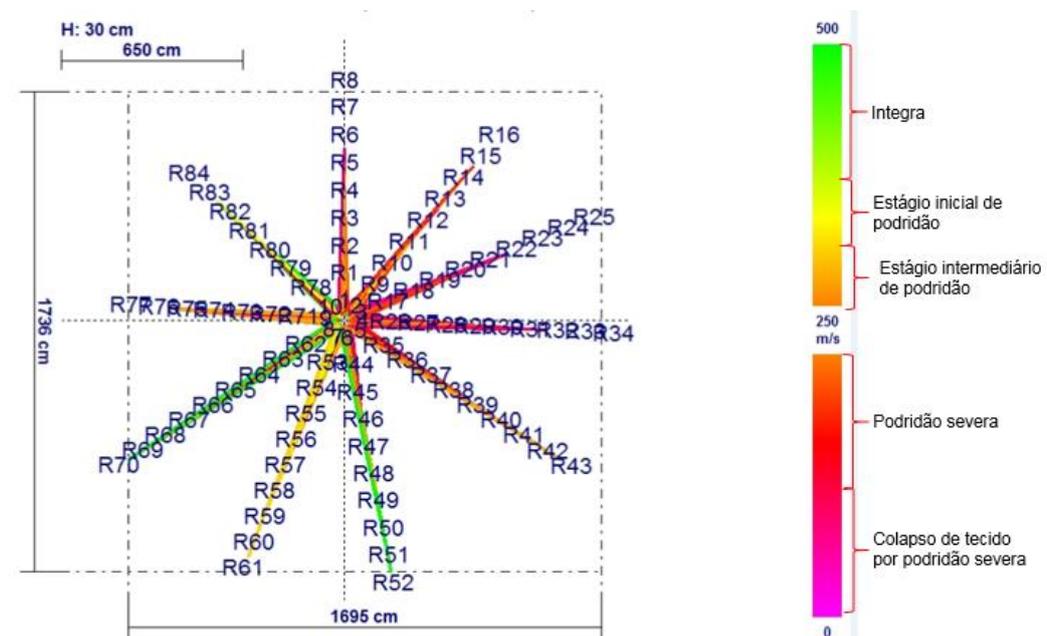


Figura 17 – Imagem tomográfica obtida pelo aparelho tomógrafo Arbotom Marca Rinntech® acoplado ao sensor de Raíz Radix.

Fonte: O autor, (2017).

- Raíz sadia ($437,5$ a > 500 m s⁻¹) – Refere-se as raízes com tecidos íntegros, comprimento compatível a função desempenhada pela mesma e sem apodrecimentos (degradação de tecidos) e cortes (podas), impedimentos de crescimento (edificações ou do solo) ou modificações do pleno crescimento morfológico das mesmas, sendo árvores com elevado vigor fisiológico e nutricional.
- Raízes em grau de degradação inicial ($437,5 - 312,5$ m s⁻¹) - Refere-se as raízes com tecidos em estágio inicial de apodrecimento ou degradação, onde ocorre um comprometimento inicial dos tecidos radiculares por ações nocivas de fatores bióticos (excesso de umidade do solo, fungos degradadores, cupins xilófagos, etc) e

antrópicos (podas, edificações, etc) reduzindo o potencial de captação de nutrientes por estas.

c) Raízes em grau de degradação intermediária ($312,5 - 187,5 \text{ m s}^{-1}$) - Refere-se as raízes com tecidos em estágio intermediário de apodrecimento ou degradação, onde ocorre um comprometimento dos tecidos radiculares por ações nocivas de fatores bióticos (excesso de umidade do solo, fungos degradadores, cupins xilófagos, etc) e antrópicos (podas, edificações, etc) reduzindo o potencial de captação de nutrientes por estas, em alguns casos refletindo em modificações morfológicas em tecidos foliares como modificação no tamanho e coloração das folhas.

d) Raízes em grau de degradação severa ($187,5 - 62,5 \text{ m s}^{-1}$) - Refere-se as raízes com tecidos em estágio avançado de apodrecimento ou degradação, onde ocorre um comprometimento dos tecidos radiculares por ações nocivas de fatores bióticos (excesso de umidade do solo, fungos degradadores, cupins xilófagos, etc) e antrópicos (podas, edificações, etc) reduzindo drasticamente o potencial de captação de nutrientes por estas, refletindo em modificações morfológicas em tecidos foliares como modificação no tamanho e coloração das folhas, e em casos mais acentuados a profusão de galhos secos e perda de cascas, e presença de plantas hemiparasitas nos galhos da copa e no tronco, além de fungos apodrecedores e seus corpos de frutificação no tronco, raízes afloradas ou no solo, sendo árvores consideradas com risco de queda elevado.

e) Raízes com grau de degradação severa e colapso de tecidos radiculares ($< 62,5 \text{ m s}^{-1}$) - Refere-se as raízes com tecidos em estágio avançado de apodrecimento ou degradação, onde ocorre um comprometimento total dos tecidos radiculares por ações nocivas de fatores bióticos (excesso de umidade do solo, fungos degradadores, cupins xilófagos, etc) e antrópicos (podas, edificações, etc) cessando completamente o potencial de captação e distribuição de nutrientes no sistema radicular e para os demais tecidos por estas, refletindo em modificações morfológicas em tecidos foliares ocasionando o raleamento da copa pela escassa quantidade de folhas presentes na copa, elevada profusão de galhos secos de vários diâmetros e perda de cascas, além de fungos apodrecedores e seus corpos de frutificação no tronco, raízes afloradas ou no solo, e em alguns casos exsudações

no lenho na base e tronco da árvore, sendo árvores consideradas com risco de queda elevado, e na maioria dos casos sendo recomendada a supressão.

A classificação da distribuição e composição das raízes do sistema radicular analisado em cada indivíduo (Figura 18), obedeceu-se os parâmetros estabelecidos por Lilly (1999), através da análise onde classificou-se as raízes de maiores diâmetros e importância na função de ancoramento e sustentação da árvore, conforme a Figura 18:

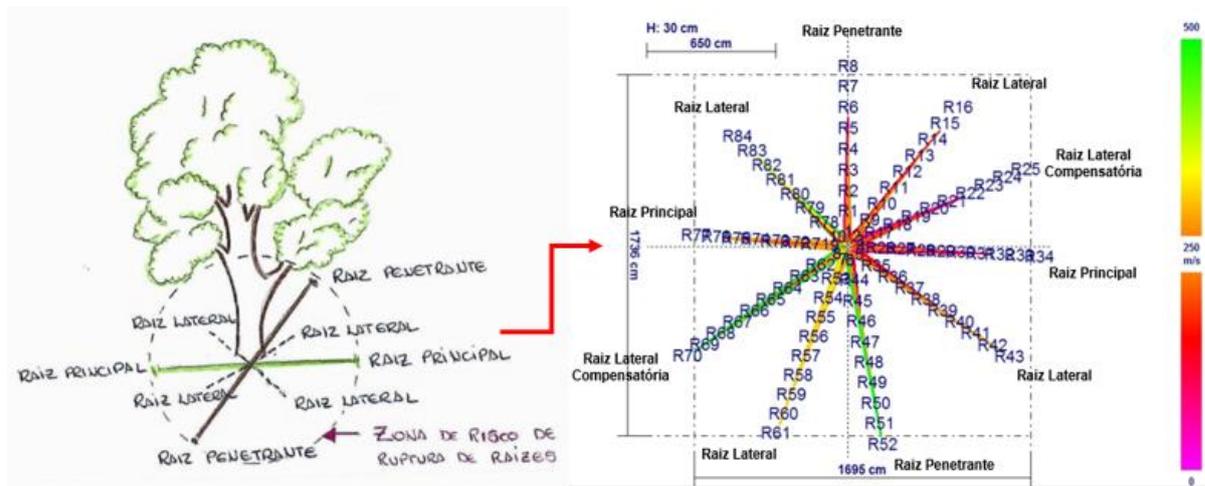


Figura 18 – Imagem ilustrativa da distribuição e composição do sistema radicular das árvores urbanas.

Fonte: O autor, (2017).

a) Raízes principais – São as raízes de maiores diâmetros e com maior crescimento em extensão horizontal em relação ao tronco. Apresentam a função de condução de seiva e nutrientes, e principalmente de ancoramento da árvore.

Em termos de estimativa na literatura, as raízes deste grupo crescem de uma a duas vezes a altura total da árvore.

b) Raízes penetrantes – São raízes com crescimento vertical, com função de aumentar a capacidade de ancoramento da árvore, e secundariamente de condução de seiva e nutrientes.

Em termos de estimativa na literatura, as raízes deste grupo crescem duas vezes a extensão do raio da copa da árvore.

c) Raízes laterais – São raízes com crescimento horizontal, que se concentram até 30 cm de profundidade no solo, com função de aumento da área de absorção de nutrientes e de ampliação do ancoramento e estabilidade da árvore.

Em termos de estimativa na literatura, as raízes deste grupo crescem quatro vezes a altura total da árvore.

d) Raízes Compensatórias (Compensação) – São Raízes, principalmente do grupo de raízes laterais, que são formadas para a compensação/reação morfológicas de traumas ao sistema radicular (podas ou impedimentos de crescimento por conflitos com infraestruturas urbanas), degradação de tecidos radiculares (ataque de organismos degradadores (fungos, cupins, etc), ou ainda, para compensação de forças lateralizadas que deslocam o centro geométrico das árvores (ventos lateralizados).

A classificação das raízes é uma importante variável para analisar a distribuição das raízes no solo e ancoragem da árvore neste, e também por conseguinte o risco de queda, e desenvolvimento de mecanismos como a compensação de raízes para que a árvore se mantenha equilibrada e não tombe na ocorrência de eventos climáticos extremos (temporais, chuvas intensas, tornados, etc).

5.2.4 Temperatura do solo

Consiste na capacidade do solo em absorver calor do meio. A temperatura do solo foi obtida com o auxílio do termômetro de infravermelho marca Instrutherm® modelo TI-870, onde foram coletados quatro pontos distintos no entorno da árvore, a uma altura de 0,5m do solo (Figura 19), sendo estes coletados no período de inverno e verão. Posteriormente foi realizado a média dessas medidas obtidas, possibilitando conhecer a temperatura que se encontra o solo, a ocorrência de microrganismos no sistema radicular, e influencia deste em relação ao crescimento do sistema radicular.

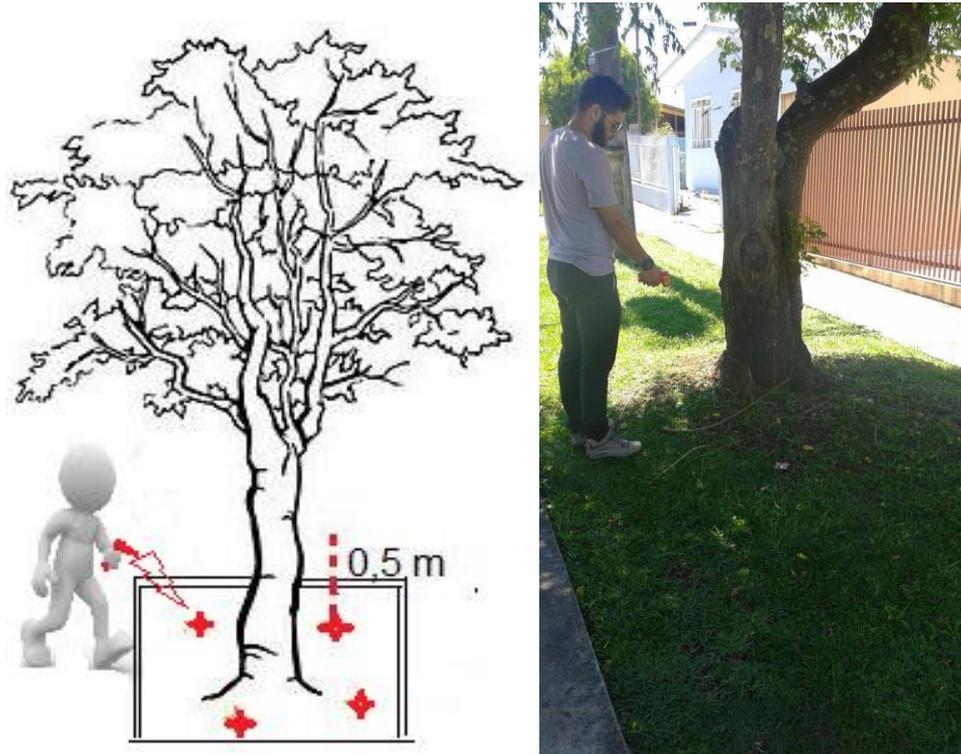


Figura 19 - Imagem representativa da coleta dos quatro pontos da temperatura do solo realizados na área livre de cada indivíduo.

Fonte: Adaptado pelo autor (2016).

5.2.5 Resistência a penetração do solo na área livre pelo aparelho Penetrógrafo

Consiste no grau de compactação do solo, considerado como indicador físico de impactos, podendo influenciar na umidade do solo, densidade, e na macro e microporosidade, afetando diretamente na qualidade do solo, reduzindo sua porosidade tornando-o mais compacto, o que dificulta a infiltração de água e nutrientes, além de inibir a penetração das raízes (BIZ, 2011).

Foram realizadas quatro medições de resistência a penetração do solo na área livre no entorno de cada indivíduo, afim de avaliar a compactação em relação ao tipo de cobertura da área livre e as condições do indivíduo no meio urbano. Com o auxílio do penetrógrafo marca Penetrolog, fabricado pela empresa Falker Automação Agrícola foi obtida a resistência a penetração, até uma profundidade de 60,0 cm, a qual correspondia ao tamanho máximo da haste do aparelho (Figura 20).



Figura 20 - Imagem representativa da coleta dos quatro pontos da resistência a penetração realizados na área livre de cada indivíduo.

Fonte: O autor, 2017.

Os valores de resistência a penetração do solo obtido pelo aparelho tomógrafo são classificados de acordo com o mesmo, onde valores abaixo de 2500 Kpa é considerado como baixa resistência a penetração, entre 2501 e 5000 Kpa são de média resistência e valores de Kpa entre 5001 e 1000 são considerados alta resistência a penetração.

Os dados obtidos eletronicamente do aparelho foram organizados no Microsoft Excel e comparados estatisticamente a 5,0% de probabilidade de erro, no software Assistat v. 7.6, visando obter menor valor de resistência a penetração do solo, ou seja, menor compactação do solo.

5.2.6 Tipo de pavimento

É caracterizado como o tipo de material utilizado para recobrimento do local destinado para a circulação de pessoas (calçadas), podendo ser permeáveis e impermeáveis. Por meio de diagnose visual foi analisado o tipo de pavimento onde se encontra o indivíduo, para obtenção do melhor pavimento a ser utilizado no meio urbano, o qual ofereça melhor condição de desenvolvimento ao indivíduo em relação a sua permeabilidade, o quais podem ser classificados como:

- 1) Terra;
- 2) Cimento;
- 3) Calçamento;
- 4) Brita;
- 5) Cerâmica;
- 6) Grama;
- 7) Paver;
- 8) Pedra portuguesa;
- 9) Lajota hexagonal
 - Permeável;
 - Impermeável;

Com base na Figura 21, é possível analisar os diferentes tipos de pavimento presente no entorno da árvore.



Figura 21 - Imagem representativa dos diferentes tipos de pavimentos possíveis de ser encontrado no bairro centro de São Mateus do Sul- PR.

Fonte: O autor, (2016).

5.2.7 Tipo de área livre

Correspondem ao espaço destinado para o desenvolvimento das raízes, a qual auxilia em relação a infiltração de água no solo e melhor desenvolvimento das raízes. Além do tipo de área livre serão observadas as diferentes formas da área livre, para possível análise dessas condições em relação ao sistema radicular, levando em consideração o seu tamanho, tais como:

1) Quadrangular: nesse caso foi coletado apenas a uma medida de um de seus lados, (Figura 22).

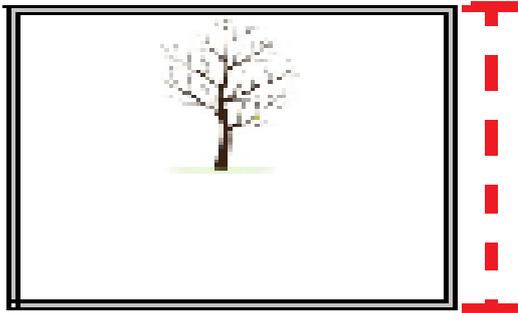


Figura 22 - Imagem representativa da obtenção da medida da área quadrangular.
Fonte: Google imagens (2016) adaptado pelo autor (2016).

2) Retangular: nesta caso foi coletado duas medidas, correspondendo a largura e comprimento do espaço, (Figura 23).

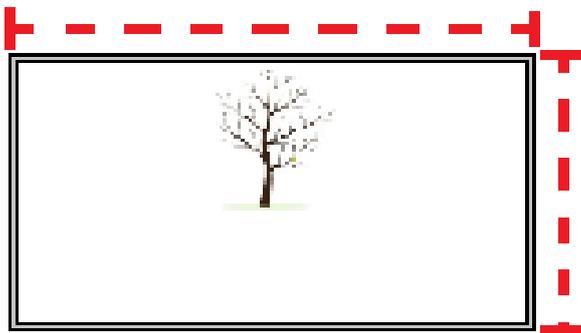


Figura 23- Imagem representativa da obtenção da medida da área Retangular.
Fonte: Google imagens (2016) adaptado pelo autor (2016) e Scharf, (20016).

3) Circular: obtenção do perímetro, (Figura 24).

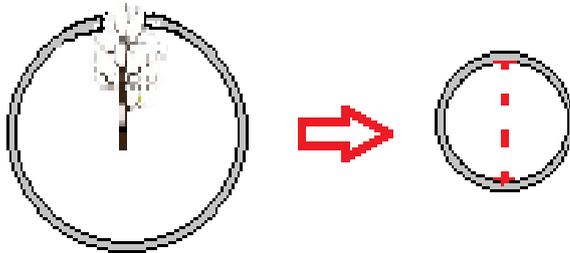
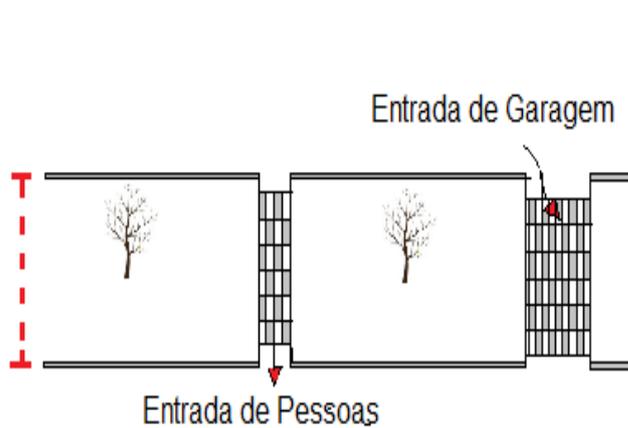


Figura 24- Imagem representativa da obtenção da medida da área circular.

Fonte: Google imagens (2016) adaptado pelo autor (2016).

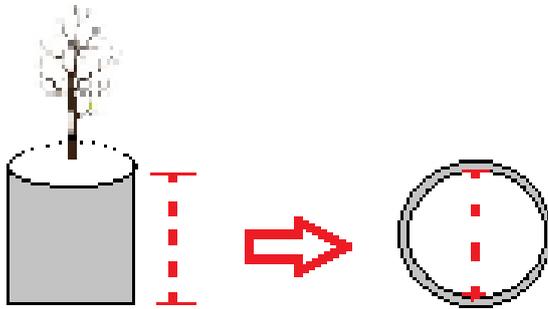
4) Calçada verde: foi coletado apenas a largura, (Figura 25).



Fonte: Google imagens (2016) adaptado pelo autor (2016).

Figura 25 - Imagem representativa da obtenção da medida da área calçada verde.

5) Manilha: foi coleta a altura e o perímetro, (Figura 26).



Fonte: Google imagens (2016) adaptado pelo autor (2016).

Figura 26 - Imagem representativa da obtenção da medida da área da manilha.

6) Sem área livre: quando não ocorre delimitação por pavimentos, (Figura 27).

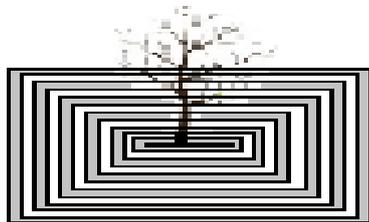


Figura 27 - Imagem representativa do espaço sem área livre presente para possível desenvolvimento do indivíduo arbóreo, a qual acaba comprometendo seu desenvolvimento restringindo o crescimento de raízes

Fonte: Google imagens (2016) adaptado pelo autor (2016) e Scharf, (20016).

5.2.8 Tipo de cobertura da área livre

Consiste na presença ou ausência de vegetação ou diferentes matérias o qual recobre a superfície da área livre nesses espaços livres de cada indivíduo arbóreo. Foi considerada coberturas como (Figura 28):

- 1) Grama;
- 2) Terra;
- 3) Brita;
- 4) Entulho;
- 5) Sem área livre (cimentado);



Fonte: O autor, (2016).

Figura 28 - Imagem representativa dos diferentes tipos de cobertura da área livre encontradas no bairro centro de São Mateus do Sul - PR.

Os diferentes tipos de cobertura do solo, foram determinadas a partir do plano diretor de arborização urbana, sendo as mais comuns no município de São Mateus do Sul, sendo estes uns dos fatores que atuam direta e indiretamente sob desenvolvimento do sistema radicular das árvores urbanas.

Os dados coletados foram tabulados em planilhas do Microsoft Excel®, e processados pelo método estatístico Correlação de Pearson, considerando como correlação significativa aquelas que apresentarem valores iguais ou maiores que 0,5.

Realizando também testes de comparação de médias (teste de Tukey) a um nível de significância de 5,0% de erro através do Software ASSISTAT 7.6. Através destas análises estatísticas foi possível definir qual o melhor tipo de pavimento, tamanho de área livre e condicionantes físicas do solo para o desenvolvimento radicular das espécies analisadas.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Aspectos das árvores mensurados

As condições de uma árvore no meio urbano podem ser avaliadas por meio de suas características dendrométricas, forma de implantação, tipos de manejo, fitossanidade, vigor, qualidade da copa e tronco. Além destes fatores é fundamental a avaliação das condições onde estas se encontram inseridas, o que corresponde aos diferentes tipos de pavimento, tipo de área livre, tipo de cobertura da área livre, sendo primordial a análise do sistema radicular, em relação a qualidade da mesma, presença de podas, afloramento do sistema radicular, conflitos com calçadas e demais infraestruturas urbanas que podem ser atingidos caso esta apresente grau de risco de queda (BRUN, 2012).

A análise dessas condições é fundamental para o desenvolvimento desses indivíduos, com o intuito de assegurar a população e qualificar o manejo, afim da otimização de suas funções ambientais, sociais e econômicas. No entanto, é possível observar a necessidade de ferramentas que melhorem o planejamento e implantação da arborização viária, para que se possa otimizar esses benefícios e minimizar possíveis riscos de queda destas árvores no meio urbano (SCHALLENBERGER, 2010).

Com base nestes aspectos, a Tabela 2 tem como objetivo apresentar os diferentes tipos de pavimento em relação as variáveis dendrométricas e comprimento médio das raízes da espécie *K. bipinnata* (árvore da china) e *T. tipu* (tipuna), implantados nas vias públicas do bairro centro de São Mateus do Sul – PR, afim de observar qual é a influência deste no desenvolvimento do sistema radicular de cada espécie, além dos principais motivos capazes de influenciar sobre estes fatores.

Tabela 2 - Tipos de pavimento e relação do crescimento aéreo e radicular da espécie *K. bipinnata* na arborização urbana do centro do Município de São Mateus do Sul-PR.

Tipos de Pavimento	Nº	DAP (cm)	Altura (m)	Comprimento das raízes (m)
Cimento	20	39,16 ab	9,92 a	4,95 ab
Calçamento	7	41,8 ab	10,40 a	4,76 b
Terra	2	47,9 a	10,50 a	7,75 a
Grama	2	35,3 ab	11,52 a	6,40 ab
Lajota hexagonal	2	37,4 ab	9,95 a	4,95 ab
Permeável				
Brita	1	16,2 b	8,00 a	5,00 ab
Paver	2	56,1 a	10,9 a	5,55 ab
Outros/Areia	1	43,0 ab	12,4 a	6,30 ab
CV (%)		21,35	18,55	17,47

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5,0% de probabilidade de erro.

Fonte: O autor (2017).

Os pavimentos de paver e de terra tiveram melhor resultado para o crescimento em DAP com 56,1 cm e 47,9 cm, portanto os mesmos correspondem ao ganho em incremento de tronco. Segundo Nunes (1995), o diâmetro à altura do peito é uma das variáveis mais representativas para a análise do porte das árvores e também para a estimativa da faixa etária ou estágio de desenvolvimento dos indivíduos implantados na arborização viária do município.

Quanto à altura não houve nenhuma diferença significativa entre os pavimentos, o que era esperado uma vez que todas as árvores tem interferência de podas, destacando-se as podas drástica que mascaram os efeitos de pavimentos. Pelo fato da mesma oportunizar as árvores ao declínio de forma acelerada, devido a problemas com ataque de pragas e doenças (BIZ, 2014).

Em relação ao crescimento de raízes quem melhor se desempenhou foi o pavimento terra apresentando uma média em DAP de 47,9 cm, altura média de 10,5 m e 7,75 m de comprimento médio de raiz. Segundo Nieri (2013), tal fato se explica devido a permeabilidade existente nesse tipo de pavimento, o qual permite aproximadamente 35,0% infiltração de água no solo favorecendo ao desenvolvimento do sistema radicular.

O menor crescimento médio de raízes foi encontrado no pavimento calçamento com 4,76 m, tal fato se justifica pelas práticas executadas para construção do mesmo, o que implica no alto grau de compactação do solo, reduzindo assim o tamanho dos poros, impossibilitando a percolação de água e o desenvolvimento do sistema radicular das árvores, aumento o grau de risco de queda destas.

No pavimento brita apresentou-se menor DAP (16,2 cm) quando comparado aos demais, tal fato se explica devido ao tamanho da área livre ser inadequado (0,068 m) para o desenvolvimento do sistema radicular o que possibilita a perda em incremento, sendo necessário ampliação desta para melhorar as condições de desenvolvimento do indivíduo. Segundo a literatura o mínimo de área livre destinada para os indivíduos é de 1 m² para indivíduos de pequeno porte, 2 m² para médio porte e ≥ 3 m² para grande porte, (Figura 29).

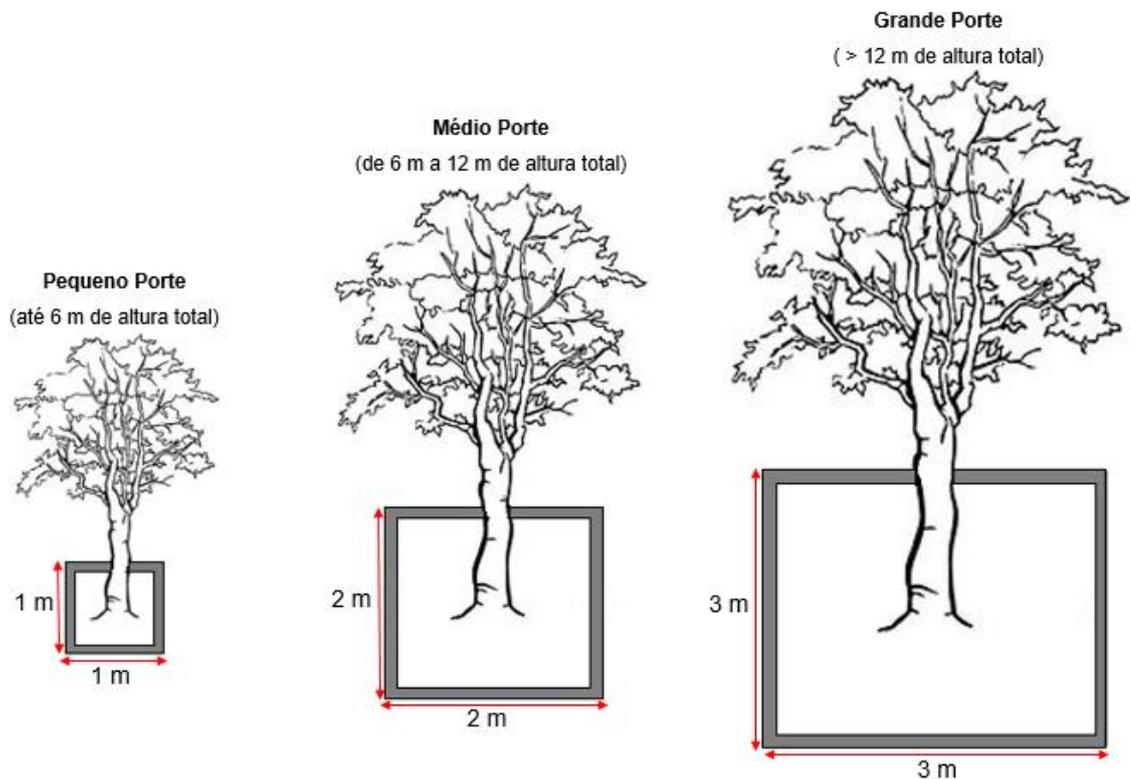


Figura 29 – Imagem ilustrativa do mínimo de área livre destinada em relação ao porte da espécie.
Fonte - Google imagens (2016) adaptado pelo autor (2016).

Para *T. tipu* empregada na arborização viária, o melhor estágio de crescimento foi encontrado na pavimentação classificada como outros, sendo considerada como pavimento de pedra e areia (Tabela 3), apresentando uma média

em DAP de 52,3 cm, altura média de 11,0 m e comprimento médio de raízes de 5,10 m., o que pode ser explicado novamente pelo fator permeabilidade do solo, no qual Nieri (2013), ressalta que pavimentos tipo pedra infiltram aproximadamente 35,0% de água no solo, o que contribui para o desenvolvimento do sistema radicular da espécie.

Tabela 3 - Tipos de pavimento em relação ao crescimento da raiz da espécie *T. tipu*, na arborização urbana do centro do Município de São Mateus do Sul-PR.

Tipos de Pavimento	Nº	DAP (cm)	Altura (m)	Comprimento das raízes (m)
Cimento	8	36,95 ab	9,16 a	5,65 a
Terra	2	21,00 b	6,65 a	5,10 a
Grama	7	29,97 b	10,24 a	5,74 a
Lajota hexagonal Permeável	5	43,42 ab	9,92 a	5,72 a
Brita	3	26,40 b	9,07 a	6,20 a
Outros/pedra e areia	5	52,30 a	11,00 a	5,10 a
CV (%)		28,02	22,41	9,38

***Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5,0% de probabilidade de erro.**

Fonte: O autor (2017).

Em relação a altura total e comprimento de raízes as mesmas apresentaram significância mais não diferiram entre si, tal fato pode ser justificado pela homogeneidade presente nos indivíduos, as práticas de manejo realizadas, como os diferentes tipos de podas, destacando-se a poda de raízes e a poda drástica de copa as quais foram realizadas de forma incorreta, comprometendo o desenvolvimento em altura e o crescimento das raízes.

Por outro lado os pavimentos ditos permeáveis como terra, grama e brita apresentaram menor DAP, o que se explica pelas condições do local onde se encontra inserido, como por exemplo a limitação do espaço deixado para área livre a qual é menor que 1,0 m², além do tipo de área livre presente caracterizado como manilha. As quais são construídas como barreiras sob o pavimento como forma de prevenção ao crescimento e expansão do sistema radicular. Tais barreiras acabam limitando o desenvolvimento radicular o que acaba comprometendo a estabilidade desses indivíduos, potencializando a queda destes no meio urbano além de

comprometer o seu desenvolvimento (SMILEY 2008; TWORKOSKI; ENGLE; KUJAWSKI, 1996).

Por tanto, estudos sobre vigor nutricional de espécies arbóreas da arborização viária do bairro Margarida Galvan – Dois Vizinhos/PR, o melhor pavimento encontrado que proporcionou melhor desenvolvimento do sistema radicular foi o pavimento grama. No entanto pavimentos como grama, terra e ou areia são utilizados devido ao desconforto da população em relação a sujeira em calçados, o que resulta na grande maioria das calçadas terem cimento como pavimento (NIERI, 2013).

Paiva et al. (2010), em seu estudo de Inventário e diagnóstico da arborização urbana viária de Rio Branco – AC, destaca que calçadas onde se tem a presença de pavimento são os locais que mais favorecem para o estresse do indivíduo arbóreo no meio urbano, pelo fato da baixa impermeabilidade do solo e a dificuldade de trocas entre solo e atmosfera, comprometendo a absorção de nutrientes e o vigor da árvore devido a essas condições encontradas nos solos urbanos.

Dessa forma é possível observar a influência dos pavimentos, comparando a compactação do solo e a infiltração de água nos pavimentos constituídos por calçada, grama, solo descoberto e pedra, onde se obteve 98,0% de infiltração no pavimento coberto por grama e apenas 29,0% de infiltração no asfalto. Percebe-se que para se obter melhores condições para as árvores urbanas deve-se utilizar o pavimento permeável ou coberto por grama o qual apresenta menor índice de compactação favorecendo a infiltração e a maior percolação da água no solo (NIERI, 2013).

No entanto, é possível ressaltar que os diferentes tipos de pavimentos oferecem melhores condições de desenvolvimento para as árvores. Portanto, os pavimentos ditos como permeáveis proporcionam melhor desenvolvimento para os indivíduos arbóreos, além de possibilitar agregação de valor para a população como para o órgão gestor.

6.1.1 Zona de Ruptura das raízes (ZRR_{árv}) e Zona Alvo (ZA_{árv})

Na Tabela 4, apresentam-se os diferentes tipos de conflitos (alvos) existentes, como também o resultado obtido pela Zona de Ruptura das raízes (ZRR_{árv}) e Zona Alvo (ZA_{árv}) do bairro centro de São Mateus do Sul - PR.

Tabela 4 - Valores de Zona alvo, Zona de Ruptura das Raízes por meio do aparelho tomógrafo e pelo inventario urbano e possíveis elementos conflitantes para a espécie *K. bipinnata* na arborização urbana do centro do Município de São Mateus do Sul-PR.

ID	Pelo tomógrafo		Pelo Inventário urbano		Alvo
	ZRR_ÁRV.	ZA_ÁRV.	ZRR.ARV		
216	170,7	463,8	55,6		Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres e veículos
218	113,7	1269,2	138,7		Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres, veículos, entrada d' água e lixeira.
219	124,0	934,8	158,7		Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres e veículos.
298	107,3	452,4	36,4		Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres, veículos e boca de lobo.
719	149,1	547,4	74,5		Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres, veículos, e entrada de pessoas.
1106	131,7	800,2	41,7		Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres e veículos.
1141	143,9	1086,9	109,1		Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres e veículos.
1170	152,2	794,2	285,8		Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres e veículos.
1198	132,6	452,4	16,3		Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres e veículos.
1199	146,1	263,0	41,7		Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres, veículos e entrada d' água.
1205	149,4	510,7	29,0		Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres e veículos.
1210	156,7	1086,9	67,1		Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres e veículos.
1220	108,7	855,3	120,7		Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres e veículos.
1223	75,3	1140,1	238,7		Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres e veículos.
1224	70,5	1034,9	188,4		Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres, veículos e garagem.
1225	86,8	598,3	91,4		Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres, veículos e garagem.
1227	138,4	934,8	247,5		Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres, veículos e tocos.
1233	193,4	918,6	118,9		Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres, veículos e estacionamento.
1968	65,3	735,4	168,2		Calçada, pista de rolamento, meio fio, pedestres e veículos.
1972	88,8	535,0	96,2		Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres, veículos e lixeira.
1974	79,7	346,4	29,8		Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres, veículos e garagem.
1975	43,7	824,5	129,5		Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres, veículos, lixeira e entrada de pessoas.

ID	Pelo tomógrafo	Pelo Inventário urbano		Alvo
	ZRR_ÁRV.	ZA_ÁRV.	ZRR.ARV	
1977	122,8	809,3	174,9	Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres e veículos.
1978	107,4	1017,9	198,8	Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres e veículos.
2120	120,7	441,2	48,3	Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres, veículos e entrada d' água.
2278	136,6	934,8	103,0	Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres e veículos.
2469	37,9	794,2	112,0	Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres e veículos.
2813	116,8	1140,1	24,9	Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres, veículos e entrada d' água.
2976	152,9	651,4	224,5	Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres, veículos e estacionamento.
3341	108,2	1034,9	163,1	Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres, veículos e placa.
3778	167,7	1052,1	193,2	Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres, veículos e garagem.
3783	203,6	637,9	166,0	Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres, veículos.
3784	217,0	934,8	213,3	Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres, veículos.
3805	131,0	572,6	39,8	Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres, veículo, garagem, entrada de pessoas e lixeira.
3815	154,8	487,0	85,0	Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres, veículos.
3817	138,0	487,0	57,3	Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres, veículos.
4020	98,6	651,4	84,1	Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres, veículos.
Média	125,5	712,0	118,2	---

Considerando que a espécie de *K. bipinnata* apresenta área de copa média de 78,8 m² e altura total média de 10,2 m, considerou-se por meio do tomógrafo a Zona de Ruptura das raízes (ZRR_{árv}) média de 118,2 m² e Zona Alvo (ZA_{árv}) média de 712,0 m² para a zona de impacto por possível queda da árvore no meio urbano, a qual é importante em termos de avaliação da intensidade e do impacto da realização de podas de levantamento.

Ainda com base na tabela acima, podemos observar a ZRR_{árv} aferida pelo inventário urbano de 125,5 m², a qual se mostrou maior em relação a ZRR_{árv} do aparelho tomógrafo (118,2 m²), tal fato pode ser justificado pela acuracidade do aparelho tomógrafo, sendo que na técnica do inventário pode se ter valores subestimado e ou superestimado em relação ao raio médio de copa, devido a forma de como são realizadas as aferições das variáveis estudadas.

No entanto, as duas técnicas podem ser utilizadas para a obtenção de ZRR_{árv} no meio urbano. Porém, o uso do tomógrafo se torna inviável para as gestões públicas em algumas situações pelo alto valor de investimento, sendo a técnica utilizada no inventario a mais barata. Entretanto, na necessidade e viabilidade de uso do equipamento por estas entidades, uma grande oportunidade são ações de cooperação técnica entre prefeituras e instituições de ensino e pesquisa como as Universidades.

No Tabela 5, observamos Valores de Zona alvo, Zona de Ruptura das Raízes por meio do aparelho tomógrafo e pelo inventario urbano para a espécie de *T. tipu*, no município de São Mateus do Sul – PR.

Tabela 5 - Valores de Zona alvo, Zona de Ruptura das Raízes por meio do aparelho tomógrafo e pelo inventario urbano e possíveis elementos conflitantes para a espécie espécie *T. Tipu* na arborização urbana do centro do Município de São Mateus do Sul-PR.

Pelo tomógrafo		Pelo Inventário urbano		Alvo
ID	ZA_ÁRV	ZA_ÁRV	ZRR.ARV	
294	120,5	336,5	101,9	Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres, veículos e poste de iluminação pública.
295	110,0	289,5	130,3	Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres, veículos e boca de lobo.
296	158,6	419,1	134,3	Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres, veículos.
297	115,0	637,9	155,7	Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres, veículos e poste de iluminação pública.
326	156,8	984,2	363,9	Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres, veículos.
496	92,3	463,8	97,1	Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres, veículos e entrada de pessoas.
497	137,0	336,5	63,2	Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres, veículos e outras espécies.
559	160,1	934,8	127,8	Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres, veículos.
560	108,0	1017,9	155,1	Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres, veículos.
561	153,9	1194,6	96,3	Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres, veículos.
562	164,6	1326,7	191,5	Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres, veículos.
600	132,2	706,9	202,9	Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres, veículos e garagem.
792	147,7	967,6	270,0	Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres, veículos.
1005	131,3	624,6	364,5	Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres, veículos.
1006	99,9	1017,9	341,1	Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres, veículos.
1007	147,3	721,1	320,9	Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres, veículos, garagem e entrada de pessoas.
1008	161,0	855,3	350,2	Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres, veículos, garagem e entrada de pessoas.
1557	141,4	706,9	175,3	Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres, veículos e poste de iluminação pública.
2117	166,3	624,6	127,4	Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres, veículos.
2118	144,7	487,0	151,8	Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres, veículos.
2142	148,3	637,9	128,0	Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres, veículos.
2143	155,6	298,6	126,2	Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres, veículos.
2415	178,1	735,4	380,3	Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres, veículos e poste de iluminação pública.

Pelo tomógrafo		Pelo Inventário urbano		Alvo
ID	ZA_ÁRV	ZA_ÁRV	ZRR.ARV	
2642	111,1	298,6	119,0	Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres, veículos, poste de iluminação pública e telefonia.
2643	139,6	1288,2	145,4	Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres, veículos e garagem.
2902	158,3	1104,5	179,7	Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres, veículos.
2999	184,1	452,4	148,6	Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres, veículos.
3001	132,5	637,9	216,1	Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres, veículos.
3003	141,9	452,4	175,6	Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres, veículos e poste de iluminação pública.
3629	110,9	984,2	483,1	Calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestres, veículos.
Média	140,3	718,1	200,8	---

A espécie de *T. tipu* apresentou área de copa média de 134,0 m² e altura total média de 10,1 m considerou-se ZRR_{árv} média de 200,8 m² e ZA_{árv} de 718 m², sendo importante em termos de avaliação da intensidade e do impacto gerado em caso de possível queda, resultando em uma ampla zona alvo e de ruptura.

Por outro lado, demonstrou menor valor de ZRR_{árv} nos dados realizados pelo inventario urbano 140,3 m², o que se justifica novamente pelo acuracidade do aparelho Arbotom Marca Rinntech® acoplado ao sensor de Raiz Radix, sendo este o mais indicado para essa análise, pelo fato de possuir maior credibilidade em seus dados.

No entanto, o maior impacto proporcionado em caso de possível queda será para a espécie de *T. tipu*, por serem indivíduos maiores, apresentando maior área de copa, maior densidade foliar, conseqüentemente maior número de alvos serão atingidos. Portanto, a ZA_{árv} considera a possibilidade de deslizamento do tronco, desprendimento ou arremesso de galhos numa eventual queda da árvore, com base na Figura 30.

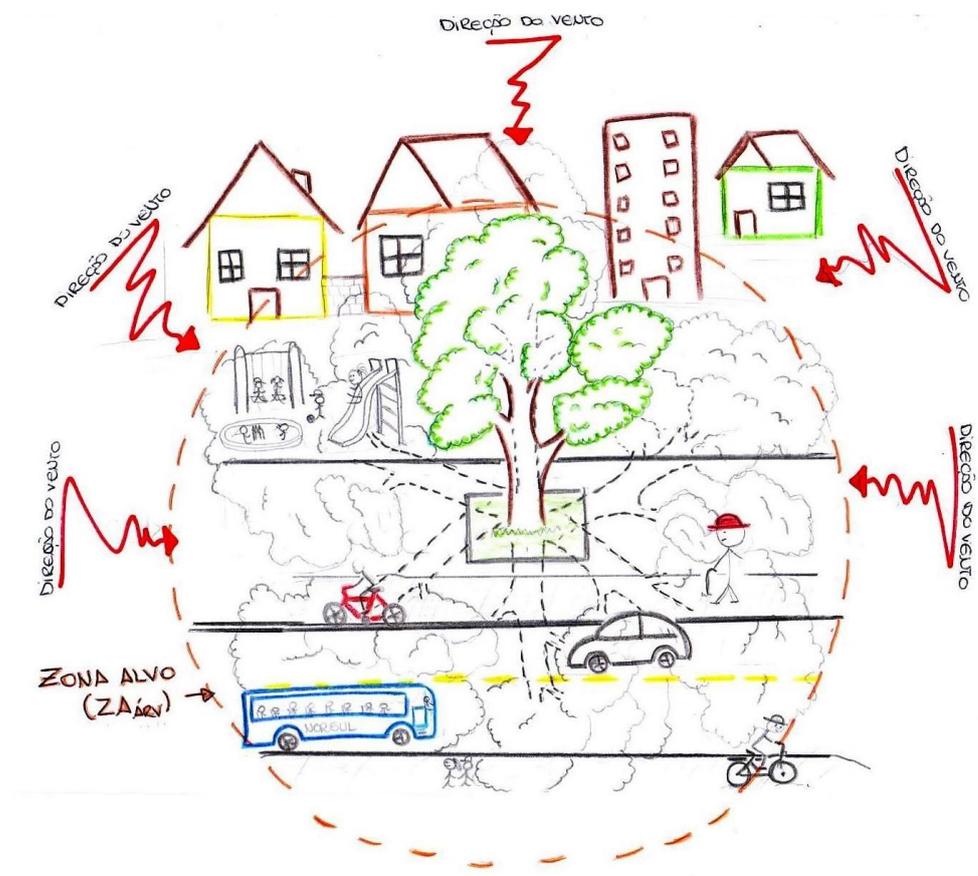


Figura 30 – Imagens ilustrativas da direção de queda da árvore por eventuais condições climáticas e quais alvos torna-se conflitante.

Fonte: O autor, (2017).

Os riscos de acidentes com árvores no meio urbano, são determinado em relação aos alvos a serem atingidos com a queda. Essa queda pode ocorrer por defeitos estruturais, problemas com raízes danificadas (fungos e doenças) e por podas mal executadas destacando-se as de raízes. Ou seja, quando o sistema radicular é afetado o indivíduo torna-se mais frágil afetando a sua estabilidade local aumentando o número de quedas. Onde muitas vezes os problemas nas raízes são decorrentes de podas, uso de pavimentação ou pela compactação do solo sobre a mesma.

6.1.2 Alvos conflitantes

No Gráfico 1, apresentam-se possíveis alvos conflitantes dos exemplares mensurados nas vias públicas de São Mateus do Sul – PR.

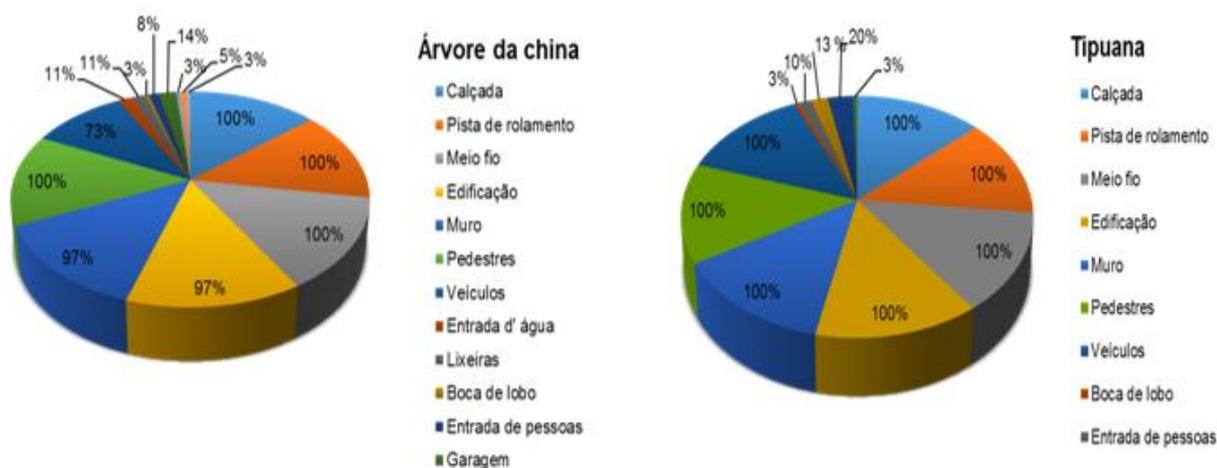


Gráfico 1 – Ponderação de importância dos alvos a serem atingidos pela queda das espécies *K. bipinnata* e *T. tipu*, a serem avaliados após o inventário de arborização urbana no centro do Município de São Mateus do Sul-PR.

Fonte: O autor (2017).

Com base na Gráfico 1, observa-se maior percentual de conflito (100%) com o mobiliário urbano em um raio de $\geq 2,0$ m, para os indivíduos de *T. tipu* em relação aos indivíduos de *K. bipinnata*, destacando-se com maior percentual os alvos conflitantes: calçada, pista de rolamento, meio fio, edificação, muro, pedestre e veículos, maior serão os danos humanos e patrimoniais além de letígio para a

prefeitura municipal. O que se explica devido à maior concentração desses elementos no entorno dos indivíduos, sendo possível afirmar que 100% dessas árvores não possuem uma distância mínima para esses elementos, onde tal situação vem ocorrendo no município de São Mateus do Sul-PR.

Por tanto, essa ausência de recuo ou o recuo insuficiente das infraestruturas urbanas é decorrência do plantio das árvores em locais inadequados o que torna necessário o planejamento e análise da localização desses indivíduos antes do plantio, principalmente quando se trata da posição da árvore em relação a calçadas, o que acaba sendo um fator importante, o qual influenciará diretamente no passeio público, na circulação de veículos, muros, edificações entre outros elementos. O recomendado segundo Gonçalves e Paiva (2006), o mínimo livre de 1,20 m a 1,50 m de largura, para melhor desenvolvimento da árvore e de seu sistema radicular.

Uma vez que a árvore se encontre em conflito ou em elevado potencial de conflito, a única possibilidade de eliminar possíveis conflitos e riscos é a supressão desta, desde que a pratica seja feita por profissionais capacitados utilizando-se de técnicas corretas e com eficácia.

Quando se tem a possibilidade de solucionar o problema sem a supressão do indivíduo, o arborista pode realizar inspeções e utilizar dos resultados da avaliação para recomendar eventuais mudanças e ou retirada de alvos conflitantes, como adoção de práticas de manejo quando necessárias, através de podas, realizar manutenções periódicas, em casos de indivíduos como tombamento de patrimônio histórico colocar cabos, reforços e estais na árvore, fornecer suporte físico para galhos e troncos com problemas estruturais entre outras técnicas conhecidas que solucionem o problema evitando a retirada do indivíduo do meio urbano.

Para a adequação da arborização urbana torna-se fundamental a realização de plantio correto e manejo preventivo além de planejamento inicial de implantação, contribuindo para que, esses indivíduos não venham entrar em conflito com algum elemento urbano ao longo do seu desenvolvimento, pois as árvores podem vir a conflitar com os elementos urbanos ou pedestres, tal fato pode ser solucionado com o aumento da largura das calçadas existentes e plantio correto no centro de São Mateus do Sul.

É importante salientar que as raízes das árvores urbanas não são proporcionais ao tamanho da projeção de copa como é disseminado popularmente, podendo ser

maior ou menor dependendo das condições encontradas em relação ao seu desenvolvimento, só será menor ou igual em casos de impedimentos como barreiras físicas edificações, muros, entrada de água, boca de lobo entre outras infraestruturas, como também as características do local, tipo de pavimento, tipo de área livre, tipo de cobertura como a falta de práticas de manejo, e execução de podas de raízes o que é comum atualmente.

Sendo comprovado a partir das análises tomográficas realizadas, apesar de ser restringida pela extensão do Radix, o qual possui apenas 9,0 m de comprimento para avaliação de cada raiz, no entanto torna necessário o aumento de extensão, por tanto a raiz só é menor ou proporcional a projeção da copa caso seja limitado seu crescimento por alguma barreira física ou pelas características locais como também pela execução do manejo incorreto.

6.1.3 Distribuição do sistema radicular

No gráfico 2, apresenta-se a distribuição das raízes, em relação a presença e ausência das mesmas no sistema radicular.

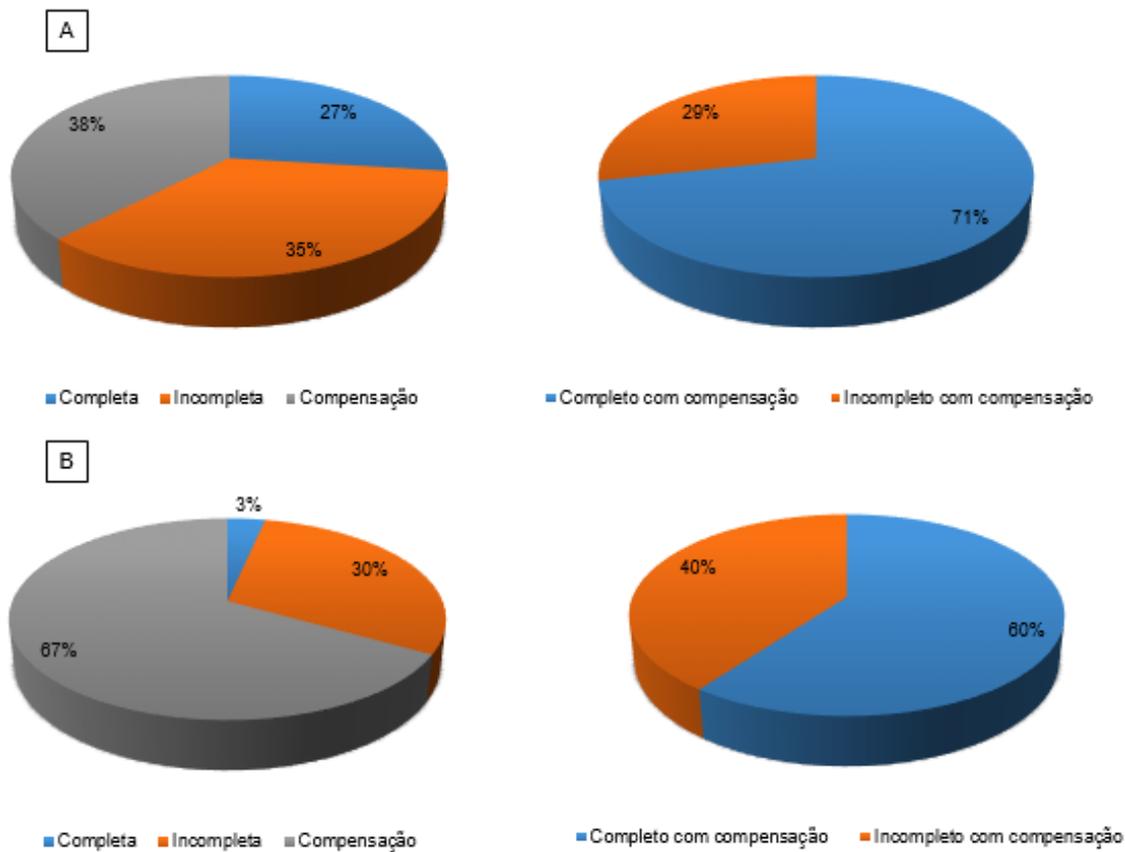


Gráfico 2 – Distribuição do sistema radicular das espécies analisadas com base nas imagens tomografadas; A) Dados da espécie *Árvore da china* (*K. bipinnata*); B) Dados da espécie de *Tipuana* (*T. tipu*).

Fonte: O autor (2017).

No Gráfico 2A, o qual corresponde a indivíduos de *K. bipinnata* é possível observar que 27% dos indivíduos possuem o sistema radicular completo, 35% deles apresentam sistema radicular incompleto e 38% apresentam raízes de compensação afim de assegurar uma melhor ancoragem do indivíduo em caso de possível queda do mesmo (Figura 31). O fato se justifica devido as condições do ambiente atual da espécie como: tipo de pavimento, área livre, cobertura da área livre, práticas de manejo incorreta, as quais passam a limitar o completo desenvolvimento do sistema radicular.

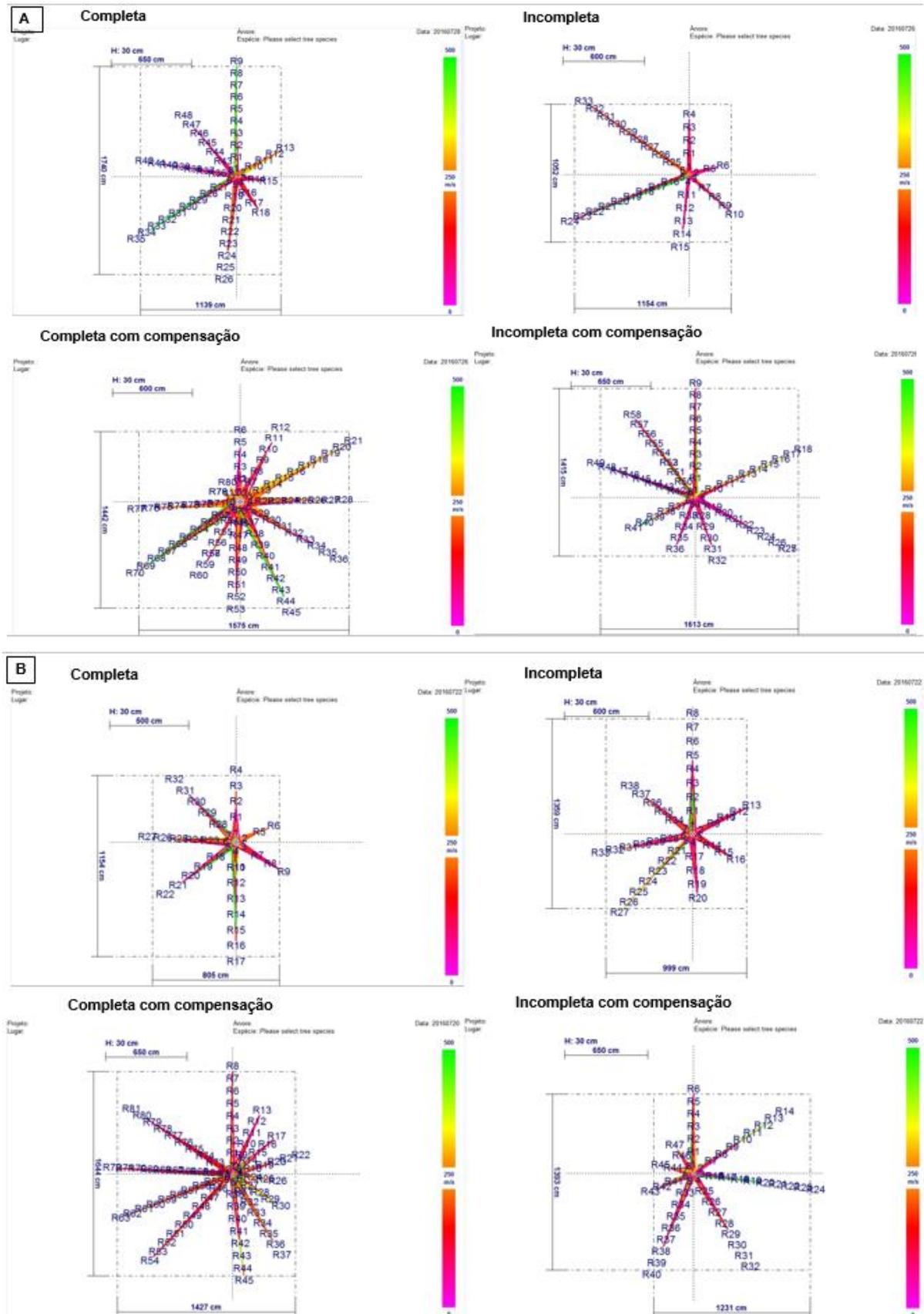


Figura 31 – Distribuição do sistema radicular das espécies analisadas com base nas imagens tomografadas; A) *K. bipinnata*; B) *T. tipu*.

Fonte: O autor (2017).

Desses 38,0% que possuem raízes compensatórias, 71,0% deles possui o sistema radicular completo porém com presença de compensação devido a relação copa e tronco, sendo maior a área de copa em relação ao tronco o que oportuniza o desenvolvimento dessas raízes e 29,0% com sistema radicular incompleto com compensação, o que se justifica devido a presença de podas de raiz e das limitações além das condições do entorno, os quais são responsáveis por reduzir o crescimento das raízes, fazendo com que os indivíduos desenvolvam novas condições para garantir sua estabilidade no meio, evitando possível queda do mesmo. A principal causa do desenvolvimento de raízes compensatórias é a limitação de crescimento ou a inexistência de raízes como também a influência da podas no sistema radicular e o tamanho da área de copa de cada indivíduo.

A *T. tipu* apresenta maior porcentagem de sistema radicular incompleto em relação a espécie de *K. bipinnata* com 67,0% do seu sistema radicular incompleto, a qual se justifica pelas condições atuais do ambiente onde se encontra inserido, destacando-se como principal fator a proximidade desses indivíduos com alvos conflitantes e a presença de podas de raízes por reforma de calçadas, o que contribui para menor porcentagem de presença do sistema radicular completo (3,0%), sendo essa raízes de compensação as responsáveis então pela estabilidade da árvore.

Porém, desses 67,0% com presença de raízes compensatórias, 60,0% deles apresenta sistema radicular completo com compensação e 40% incompleto mais com compensação, isto vai refletir no tamanho da copa do que nas raízes propriamente ditas, ou seja, quando há excesso de copa as raízes tem que compensar este peso de copa para que a árvore se mantenha em pé, como também a existência de ventos lateralizados, que fazem com que a árvore desenvolva mecanismos para compensar a questão.

A estabilidade das árvores depende enormemente da arquitetura e da ancoragem do sistema radicular no solo. (WATSON, et al., 2014b). Quanto mais os componentes de ancoragem aumentam, maior é a força necessária para derrubar a árvore, portanto, a distribuição desigual do sistema radicular acaba por reduzir a ancoragem do indivíduo. Diversos fatores ambientais influenciam a arquitetura e estabilidade radicular. Uma maior carga de vento de um lado do indivíduo, parece

resultar em um aumento no crescimento de raízes laterais em detrimento das pivotantes, e provavelmente assegura uma melhor ancoragem de indivíduos jovens (TAMASI et al., 2005).

Com base no Gráfico 3, é possível observar a distribuição do sistema radicular das duas espécies estudadas, a qual foi classificada com base nos dados obtidos a partir das imagens tomográficas.

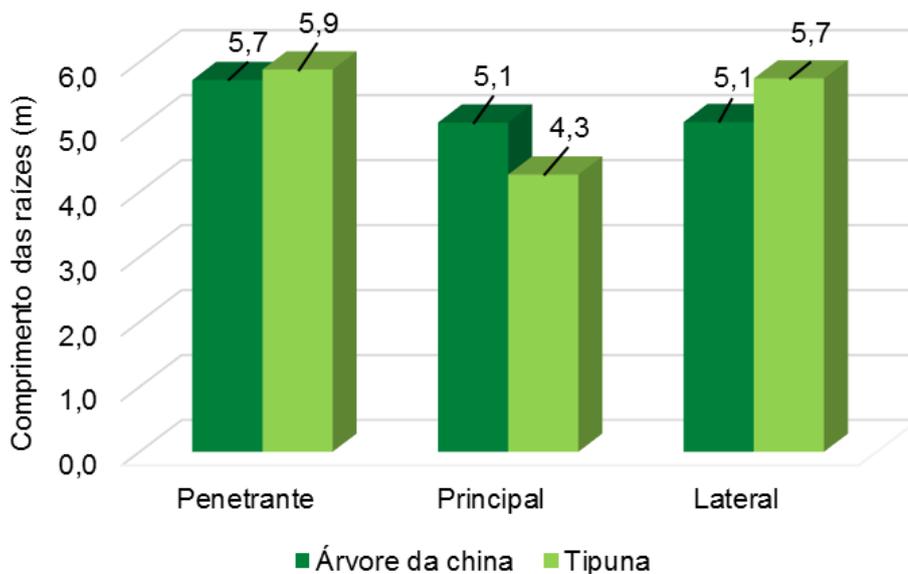


Gráfico 3- Distribuição do comprimento das raízes em relação a classificação: penetrantes, principal e lateral, para as duas espécies estudadas, *K. bipinnata* e *T. tipu*.

Fonte: O autor (2017).

Com base no gráfico acima é possível observar que os indivíduos de *T. Tipu* apresentaram maior comprimento de raízes penetrantes (5,9 m) e laterais (5,7 m) apresentando menor comprimento de raiz principal 4,3 m em relação aos indivíduos de *K. bipinnata*. Tal fato se explica pelas condições do local onde se encontra os indivíduos de árvore da china, as quais se encontram na parte interior do centro no qual se tem maior influência das condicionantes físicas, como maior circulação de pessoas, maior o fluxo de veículos, presenças de indivíduos sem área livre, entre outros.

O que na tipuana não se encontra com tanta frequência, pois estas estão localizadas nas extremidades do bairro centro. Demonstrando no entanto, menor ancoramento por raízes laterais que os indivíduos de *K. bipinnata* por possuir 5,1 m

de raízes principais a qual é responsável pela sustentação do indivíduo no solo, potencializando sua estabilidade em termos de risco de queda da árvore.

O fato dos indivíduos de *K. bipinnata* apresentar menor comprimento de raízes se explica pelas condições do local onde estão inseridos tipo de pavimento, tipo de área livre, tipo de cobertura da área livre.

O sistema radicular das árvores é muito variável entre as espécies, e embora algumas apresentem uma raiz principal profunda penetrando o solo verticalmente, muitas apresentam raízes rasas com distribuição ampla, garantindo uma maior estabilidade e melhor acesso de água e minerais. Ao contrário da crença comum, danos nos pavimentos nem sempre são causados pelas raízes das árvores, podendo ser resultado das condições do solo tanto quanto da idade deste pavimento, incluindo-se também erros técnicos na sua construção (SYDNOR et al., 2000; WATSON et al., 2014 b).

Observa-se 24,0% dos indivíduos de *K. bipinnata* não apresentam área livre, devido ao planejamento incorreto do espaço ideal destinado para o desenvolvimento do sistema radicular, sendo no mínimo 2,0 m² para espécies de *K. bipinnata* caracterizada como de médio porte (Figura 32). Essa falta de espaço faz com que ao longo do tempo as raízes danifiquem calçadas, muros, meio fio, entre outras estruturas.



Figura 32 – Imagens de indivíduos de *K. bipinnata* em relação ao tamanho de área livre destinada para seu desenvolvimento, localizadas no bairro centro de São Mateus do Sul – PR.

Fonte: O autor, (2017).

Desses 24,0% que não possuem área livre, 22,0% deles apresentam afloramento de raízes na superfície, tendo como principal alvo atingido a calçada, ocasionando rachaduras. No entanto, apenas 68,0% desses indivíduos se encontram em área livre $\geq 2,0 \text{ m}^2$, tal valor é considerado como mínimo de área a ser deixado como área livre, e 8,0% em área $< 2,0 \text{ m}^2$ o que ainda se encontra incorreta, por tanto deve ser deixado o mínimo estabelecido de $1,0 \text{ m}^2$ para o desenvolvimento do sistema radicular e da árvore no meio urbano.

Para os indivíduos de *T. tipu* observou-se que 7,0% não possui área livre, 80% possui área livre $\geq 2,0 \text{ m}^2$ e 13,0% apresenta área livre $< 2,0 \text{ m}^2$. Porém, dos 30 indivíduos avaliados 22 deles (73,0%) apresenta afloramento na área livre (Figura 33), representando 51,0% a mais em relação aos indivíduos de *K. bipinnata* (22,0%). Devido as condições de manejo realizada sobre a mesma, em especial a poda de raiz e poda drástica de copa que são realizadas periodicamente.



Figura 33 - Imagens de indivíduos de *T. tipu* com presença de afloramento na área livre, localizadas no bairro centro de São Mateus do Sul – PR.

Fonte: O autor, (2017).

Quanto menor for o tamanho da área livre, maior será a ocorrência de problemas com afloramento do sistema radicular, o que pode resultar no levantamento de calçadas, muros entre outros, e conseqüentemente menor desenvolvimento do sistema radicular.

Por tanto vale salientar a importância da área livre com mais de 1,0 m², a qual pode permitir ao indivíduo seu livre desenvolvimento sem que haja limitações, a limitação de espaço faz que esses indivíduos aflorem e entrem em conflito com as infraestruturas urbanas além de potencializar o risco de queda.

Muitas vezes as árvores no meio urbano recebem mais que um tipo de poda incluindo as de copa e de raiz, sendo elas efetuadas de forma incorreta proporcionando aos indivíduos todas as desvantagens possíveis, como a diminuição dos benefícios ambientais, estéticos e econômicos.

Sendo a poda de raiz, a qual é realizada para reformas de calçadas, muros, edificações caracterizada como uma das piores práticas realizadas até o momento juntamente com a poda drástica de copa, pois prejudicam o indivíduo mais rápido, potencializando o ataque de pragas, doenças acarretando na queda acelerada desse indivíduo, portanto é fundamental que estas práticas sejam executadas de forma correta e adequada por pessoas capacitadas. Incluindo a grande necessidade de melhorar os procedimentos de construção de calçadas, através da adoção de novas técnicas ou adequação de técnicas já existentes para que se concilie os processos de construção, edificação e árvores no meio urbano.

6.1.4 Ocorrência de execução de podas de raízes

É possível observar (Gráfico 4), a ocorrência de execução de podas de raízes pelo aparelho tomógrafo e pelo inventário urbano nos indivíduos de *K. bipinnata* e *T. tipu*.

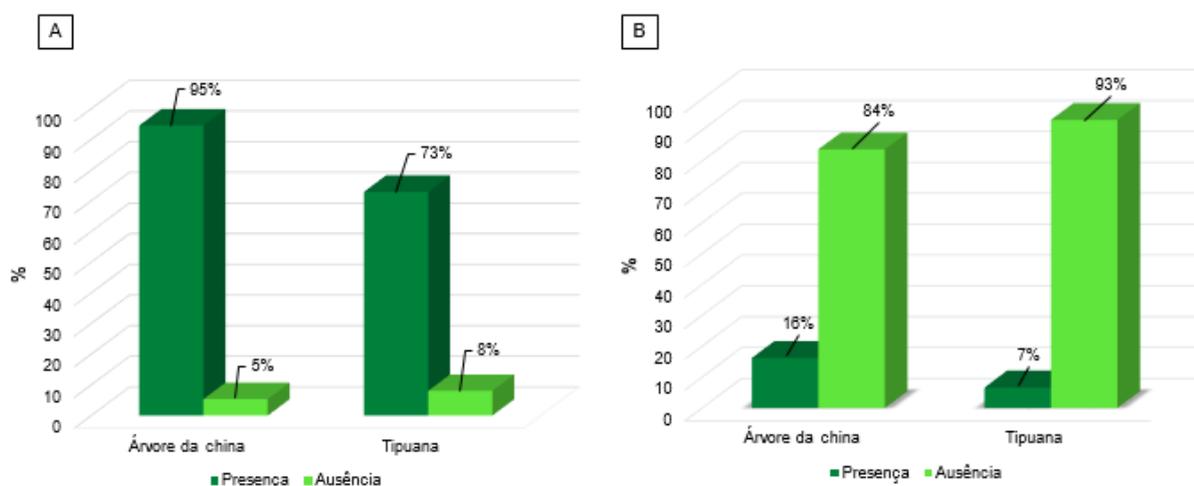


Gráfico 4 – Porcentagem de indivíduos de *K. bipinnata* e *T. tipu* com presença e ou ausência de podas de raízes; A) Porcentagem de execução de poda pelo aparelho tomógrafo Arbotom Marca Rinntech® acoplado ao sensor de Raiz Radix; B) Porcentagem de execução de poda pelo com base nos dados de inventário urbano do bairro centro de São Mateus do Sul – PR.

Fonte: O autor, (2017).

O Gráfico 5A corresponde a presença e ou ausência de poda de raiz detectadas pelo aparelho tomógrafo Arbotom Marca Rinntech® acoplado ao sensor de Raiz Radix, o qual apresentou 95,0% de presença e 5,0% de ausência de poda para a espécie *K. bipinnata* e 73,0% de presenças e 8,0% de ausência de poda para a espécie *T. tipu*. Tal fato pode ser explicado por se ter maior porcentagem de indivíduos sem área livre, onde estes se encontram com pavimentos até a sua base, e para a construção dessa pavimentação muitas vezes se realiza a poda limitando o crescimento de raízes.

Ainda com base no Gráfico 5B, a *K. bipinnata* apresentou apenas 16,0% de presença de execução de poda de raízes pelo inventário urbano e 84,0% de ausência de poda de raiz. A *T. tipu* apresenta 7,0% presença de execução de poda e 93,0% de ausência de poda, o que nos mostra a maior precisão quando utilizamos de equipamento adequado para tal análise, o que se torna mais confiável em relação a diagnose visual do indivíduo, a qual pode ser superestimada ou subestimada.

Essa pratica possui desvantagem em relação ao alto custo de investimento, quando comparado a análise por meio de diagnose visual, tendo custo reduzido porém baixa confiabilidade. Incluindo-se, a falta de manejo que muitas vezes observam-se pela grande porcentagem (22,0%) de calçadas danificadas pelas

raízes. Mais uma vez se dá pelo tamanho reduzido dos canteiros, tipo de pavimento, tamanho da área livre e poda de raiz realizados de forma incorreta.

Sendo assim, necessário o uso de práticas de manejo realizadas adequadamente, incluindo a necessidade do planejamento inicial de implantação desses indivíduos no meio urbano, afim de amenizar possíveis problemas. O que só será eficiente quando realizado por profissionais capacitados por meio de treinamento e conhecimento sobre o meio urbano.

Caso ao contrário a arborização urbana passa a sofrer futuramente com pragas, doenças, baixo vigor e estresse do indivíduo, deixando a árvore cada vez mais susceptível ao ataque de pragas e doenças, diminuindo a resistência da mesma, sendo um motivo para perda de vigor, má qualidade das raízes, copas e troncos, potencializando o risco de queda.

Ao observar ataques de pragas e doenças em árvores adultas com alta frequência, sendo diferente dos indivíduos avaliados na cidade de São Mateus do Sul – PR, o qual foi classificado como baixa intensidade, podendo apenas ser removida partes da árvore, ou seja, onde há presença de ataques, utilizando-se de algumas práticas como podas e ou controle biológico.

Em caso de alta intensidade de ataque é necessário a supressão do indivíduo de forma gradual, iniciando pelos que apresentam maior intensidade de ataque. Em casos de indivíduos histórico pode-se investir em dendrocirurgias no local afetado, onde o indivíduo é mantido no meio. Essa prática requer alto investimento, o fato de não ser muito utilizada na arborização urbana.

Com base nos estudos realizados por Martins, et al (2010), a relação existente entre podas e aspectos fitossanitários em árvores urbanas na cidade de Luiziana-PR, as podas com alta intensidade favorecem a brotações epicórnica, o que corresponde ao comportamento do indivíduo para repor seus nutrientes. Essas brotações são denominadas popularmente como ramos ladrões, responsáveis por absorver maior quantidade de seiva dos indivíduos, tornando-o mais frágil a redução do vigor da planta, oportunizando o desequilíbrio nutricional da planta.

De acordo com Graves (1994), a vida dos indivíduos arbóreos nas cidades, principalmente as que se encontram em toda a extensão das ruas e avenidas, são consideradas curtas, devido as condições ambientais presentes, como o tipo de pavimento, área livre, cobertura do solo, presença de áreas edificadas, e

compactação do solo, onde tais fatores são considerados limitantes do desenvolvimento do sistema radicular.

6.1.5 Temperatura da superfície do solo

A partir dessas situações, foi possível observar através do método estatístico Correlação de Pearson, que os indivíduos de *K. bipinnata* e *T. tipu*, apresentaram valores de temperatura do solo maior que 0,5, apresentando significância nos valores apresentados, sendo estes demonstrados na Tabela 6.

Tabela 6 - Análise de Correlação de Pearson entre a temperatura do solo, os diferentes tipos de pavimentos e infraestruturas urbanas de entorno para as duas espécies arbóreas *K. bipinnata* e *T. tipu* e seu crescimento radicular no bairro centro de São Mateus do Sul.

<i>K. bipinnata</i>	Temperatura do solo (°C)	Tipos de pavimento da calçada								Infraestruturas urbanas de entorno	
		Terra	Cimento	Paver	Lajota hexagonal permeável	Gramma	Brita	Calçamento	Outros	Edificação	Asfalto
Crescimento de raízes (m)	-0,56	0,26	-0,12	0,04	-0,03	0,09	0,03	-0,07	0,06	-0,57	0,18

<i>T. tipu</i>	Temperatura do solo (°C)	Tipos de pavimento da calçada								Infraestruturas urbanas de entorno	
		Terra	Cimento	Paver	Lajota hexagonal permeável	Gramma	Brita	Calçamento	Outros	Edificação	Asfalto
Crescimento de raízes (m)	-0,54	-0,05	0,02	0,04	0,03	0,01	0,08	-0,07	-0,1	-0,70	0,03

Com base na tabela acima, observa-se valores de temperatura do solo para as duas espécies estudadas, -0,56 para os indivíduos de *K. bipinnata* e -0,54 para indivíduos de *T. tipu*, tal fato se explica a medida que aumenta a temperatura de superfície reduz o crescimento das raízes, o que é um fator negativo para a árvore urbana.

Por outro lado, encontra-se o aumento de temperatura para as duas espécies, por tanto, à medida que aumenta a temperatura da superfície menor será o crescimento de raízes independente da estação do ano. Tal fato se justifica pelo uso contínuo de pavimentos feito de concreto e ausência de cobertura do solo, destacando também a densidade de copa de cada indivíduo, como no caso da árvore da china a qual tem menor densidade foliar possibilitando a passagem de feixes de luz contribuindo para uma maior temperatura do solo, somando-se os processos de urbanização o que causa um aumento dessa temperatura, ao contrario da tipuana que possui copa mais densa, o que favorece a menor temperatura do ano.

Segundo Graves (1994), as temperaturas variam muito no centro da cidade podendo ser mais altas ao longo das ruas, o que acaba afetando o crescimento da árvore, por influenciar nas taxas de processos bioquímicos da mesma, o que se tem poucos estudos sobre esse assunto. A temperatura nos centros urbanos muitas vezes é maior em média 1,0 a 2,0 °C a mais que nas áreas de entorno.

O autor ainda relata que temperaturas atmosféricas consideradas ideais para as plantas raramente excedem 25,0 a 30,0°C, aumentos na temperatura são responsáveis pela redução do crescimento da planta, sendo fundamental saber qual são os limites de temperatura nos diferentes locais de plantio e definir como a temperatura nesses intervalos afetam o crescimento dos indivíduos arbóreos.

A partir dessas citações, observa-se a necessidade de conhecer cada local de plantio, o qual deve ser avaliado individualmente além de melhorar a comunicação entre os responsáveis pelo planejamento da cidade como: engenheiros civis, arquitetos, paisagistas e arboristas, afim de melhorar as condições do ambiente urbano, em relação a cidade e árvores urbanas.

Outro fator além da alta temperatura do solo, é em relação as infraestruturas urbanas de entorno, tanto para a espécie de *K. bipinnata*, qual apresentou

correlação -0,57 quanto para a espécie de *T. tipu* com -0,70, ambos apresentaram significância em seus dados, ou seja, quanto maior a presença de infraestrutura de entorno destacando as edificações, maior será a limitação do crescimento de raízes, a qual acaba sendo uma barreira física, sendo um fator restritivo para o crescimento de raízes além de contribuir para a má qualidade e muitas vezes a ausência do sistema radicular, tornando os indivíduos cada vez mais susceptíveis a queda até mesmo a supressão do mesmo, o que é possível observar na Figura 34.

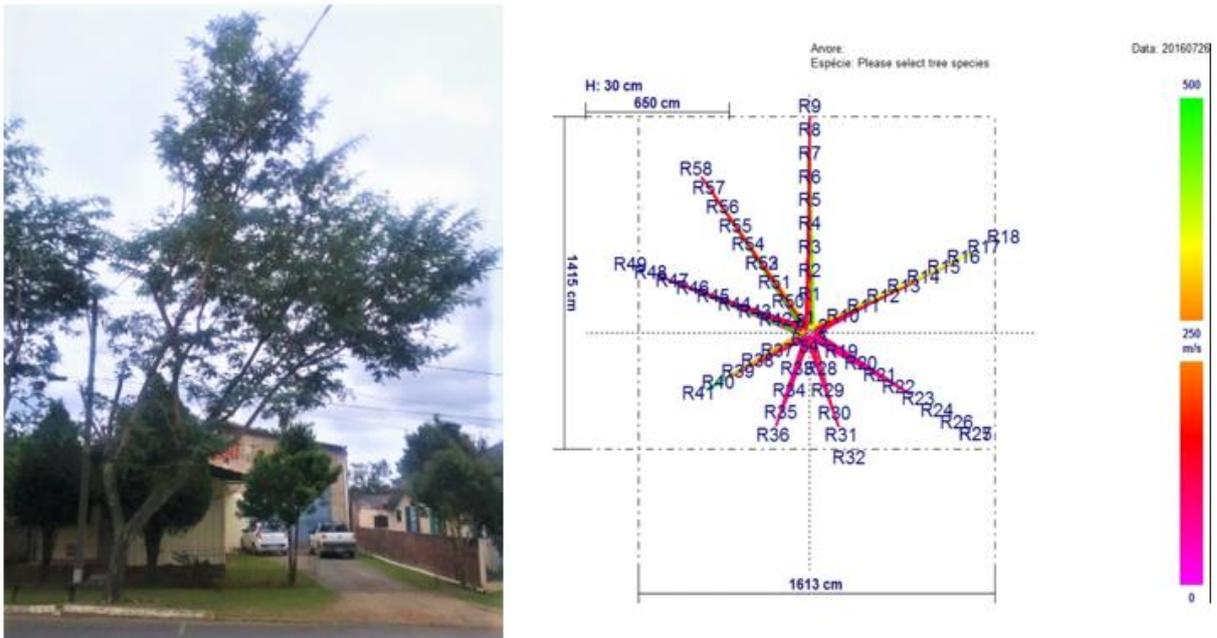


Figura 34 - imagens tomográficas da espécie *T. tipu* com sistema radicular incompletos e com compensações em função do conflito com a edificação, obtidas pelo aparelho tomógrafo Arbotom Marca Rinntech® acoplado ao sensor de Raiz Radix.
Fonte: O autor, (2017).

No gráfico 5, observa-se as médias das temperatura do solo, na área livre dos indivíduos analisados em duas estações do ano, inverno e verão para as duas espécies classificadas.

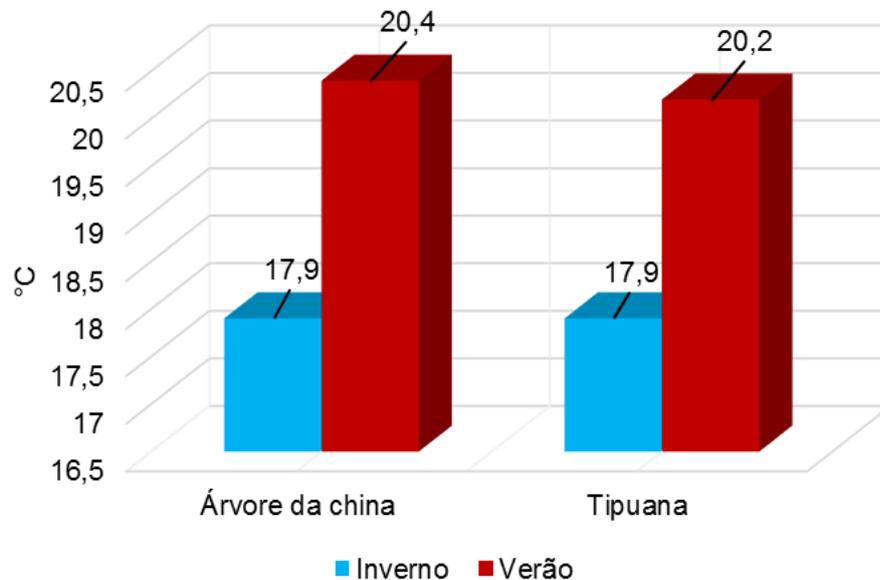


Gráfico 5 - Média da temperatura de superfície da área livre das espécies *K. bipinnata* e *T. tipu*, a serem avaliadas após o inventário de arborização urbana no centro do Município de São Mateus do Sul-PR.

Fonte: O autor (2017).

A temperatura média de superfície do solo para os indivíduos de espécies *K. bipinnata* e *T. tipu* na estação de inverno foram iguais entre as espécies, apresentando 17,9 °C, o que pode ser explicado pelo fato do clima predominante no município, ser denominado Cfb, caracterizado como subtropical úmido mesotérmico tendo seus verões frescos, invernos com ocorrência de geadas severas e frequentes, com temperatura média de 17,1 °C. E pelo fato das espécies perderem parte de suas folhagens no período de inverno. Portanto, este fator demonstra menor área de copa exemplificando a característica de semideciduidade da planta, o que contribui para a passagem de feixes de luz sobre a copa, aumentando a temperatura da superfície do solo, sendo um fator negativo para o crescimento das raízes.

Por outro lado, as espécies apresentam temperaturas diferentes no período de verão, sendo 20,4°C para a *K. bipinnata* e 20,2 °C para *T. tipu*. Sendo menor para a espécie de *T. tipu* a presença de uma copa mais densa nesta estação, atuando como barreira física impedindo a passagem dos feixes de luz solar, garantindo menor temperatura no seu interior, além da sensação de conforto térmico desejável para a população neste período, e favorável para o crescimento das raízes.

No entanto a *T. tipu* exerce melhor papel em relação a população e ao sistema radicular durante o verão, ou em temperaturas mais quentes, por causa da sua copa arredondada e densa. Segundo Mascaró e Mascaró (2005), o sombreamento proporcionado pelas árvores, resulta na diminuição das temperaturas superficiais dos pavimentos e fachadas das edificações, assim como a sensação de calor dos usuários, tanto pedestres quanto motorizados, é uma das funções mais importantes da vegetação no meio ambiente urbano, além de estar favorecendo para melhor integridade do sistema radicular.

6.1.6 Integridade ou grau de degradação das raízes

A integridade ou grau de degradação das raízes foi obtida pela interpretação das imagens tomográficas geradas, comprimento das raízes (m) e pela velocidade de propagação da onda sonora (m/s) emitidas e recebidas durante a realização da análise podem ser observadas no Gráfico 6.

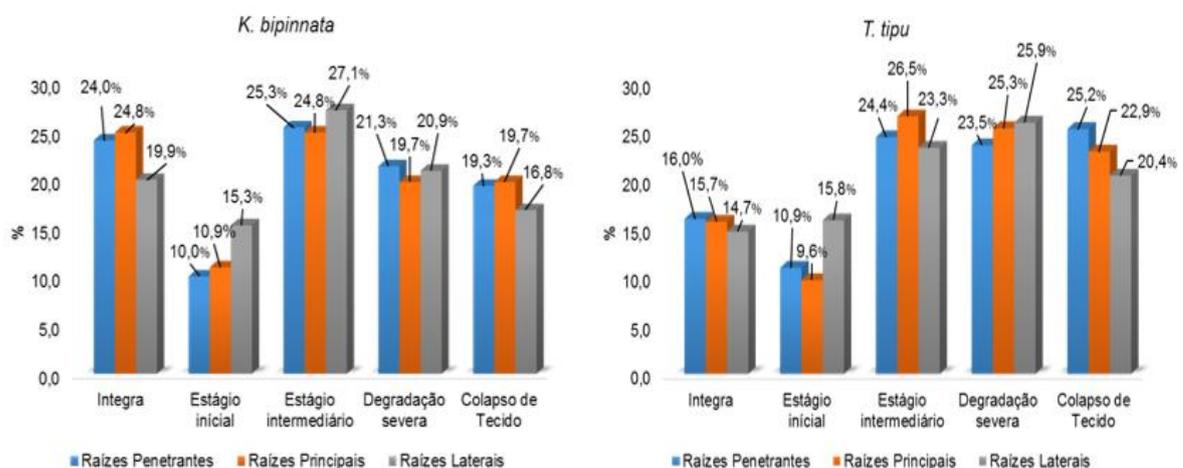


Gráfico 6 – Distribuição da integridade ou grau de apodrecimento das raízes da espécie de *K. bipinnata*, obtida pela interpretação das imagens tomográficas geradas pelo aparelho tomógrafo Arbotom Marca Rinntech® acoplado ao sensor de Raiz Radix.

Ao analisarmos o Gráfico 6, quanto a integridade do sistema radicular em relação a distribuição das raízes para a espécie de *K. bipinnata*, observa-se que a maior porcentagem de ocorrência de raízes integras foi no grupo de raízes principais com 24,8%, com 15,3% de raízes que compõe o grupo das raízes laterais

demonstrando estágio inicial de degradação devido à presença de elementos conflitantes e presença de podas na raiz, com 27,1% as pertencentes ao grupo das raízes laterais em estágio intermediário de degradação, em estágio de degradação severa as penetrantes com 21,3%, e em colapso de tecido por podridão severa as raízes principais com 19,7%.

Sendo que para a espécie de *T. Tipu* observou-se maior porcentagem de raízes integras 16,0% para o das raízes penetrantes, 15,8% corresponde as de estágio inicial de degradação a qual compõe o grupo das raízes laterais, com 26,5% em estágio intermediário de degradação pertencente ao grupo das raízes principais, sendo que 25,9% em estágio de degradação severa correspondente ao grupo das raízes laterais e 25,5% as penetrantes apresentando colapso de tecido por podridão severa.

O fato das raízes penetrantes apresentarem estágio inicial de degradação chegando a colapso de tecido para a espécie de *K. bipinnata* e *T. tipu*, refere-se a presença de elementos conflitantes o que acaba influenciando na integridade do sistema radicular. Em relação as raízes principais, o principal fator responsável pelo grau de degradação é a execução de podas de raízes para a construção e ou alocação de infraestruturas urbanas. Já as raízes laterais tal fato se explica pela presença de conflitos (meio fio e edificação, murro, entre outros), como pela presença de podas de raízes e principalmente pelo tamanho a área foliar devido a necessidade de maior estabilidade para sua presença no meio urbano, o que favorece o crescimento dessas raízes, sendo elas de menor diâmetro e tecidos menos lignificados.

Por tanto, as espécies apresentaram maior porcentagem de raízes integras para o grupo das principais (*K. bipinnata*), e para o grupo das penetrantes (da *T. tipu*), sem a presença de degradação do seu tecido por podridão caracterizada estas com elevado vigor fisiológico e nutricional do indivíduo. Apresentando também maior porcentagem de raízes em estágio inicial de degradação, o que se explica devido a ocorrência do comprometimento inicial dos tecidos radiculares por ações nocivas de fatores bióticos (excesso de umidade do solo, fungos degradadores, cupins xilófagos, etc) e antrópicos (podas, edificações, etc) reduzindo o potencial de captação de nutrientes por estas.

No qual a espécie de *K. bipinnata* apresenta maior porcentagem as raízes laterais, sendo q a *T. tipu* corresponde com maior percentual ao grupo das raízes

principais, compondo ao estágio intermediário de degradação, onde ocorre um comprometimento dos tecidos radiculares por ações nocivas de fatores bióticos (excesso de umidade do solo, fungos degradadores, cupins xilófagos, etc) e antrópicos (podas, edificações, etc) reduzindo o potencial de captação de nutrientes por estas, em alguns casos refletindo em modificações morfológicas em tecidos foliares como modificação no tamanho e coloração das folhas.

Para o estágio de degradação severa a espécie de *K. bipinnata* corresponde ao grupo de raízes penetrantes, a *T. tipu* ao grupo das laterais, tal fato é caracterizado pelo estágio avançado de apodrecimento ou degradação, onde ocorre um comprometimento dos tecidos radiculares por ações nocivas de fatores bióticos e antrópicos reduzindo drasticamente o potencial de captação de nutrientes por estas, refletindo em modificações morfológicas em tecidos foliares como modificação no tamanho e coloração das folhas, e em casos mais acentuados a profusão de galhos secos e perda de cascas, e presença de plantas hemiparasitas nos galhos da copa e no tronco, além de fungos apodrecedores e seus corpos de frutificação no tronco, raízes afloradas ou no solo, sendo árvores consideradas com risco de queda elevado, devido a maior fragilidade do indivíduo.

Em relação ao grau de degradação severa e colapso de tecidos radiculares a *K. bipinnata* apresenta maior porcentagem em relação ao grupo das raízes principais, já a *T. tipu* ao grupo das raízes penetrantes, tal fato se explica pelo estágio avançado de apodrecimento ou degradação, onde ocorre um comprometimento total dos tecidos radiculares por ações nocivas de fatores bióticos e antrópicos, cessando completamente o potencial de captação e distribuição de nutrientes no sistema radicular e para os demais tecidos.

O que reflete em modificações morfológicas em tecidos foliares ocasionando o raleamento da copa pela escassa quantidade de folhas presentes na copa, elevada profusão de galhos secos de vários diâmetros e perda de cascas, além de fungos apodrecedores e seus corpos de frutificação no tronco, raízes afloradas ou no solo, e em alguns casos exsudações no lenho na base e tronco da árvore, sendo árvores consideradas com risco de queda elevado, e na maioria dos casos sendo recomendada a supressão.

Portanto, podemos observar alto percentual de degradação no sistema radicular, sendo estes indicativos de elevado índice de estresse dos indivíduos, os quais foram resultantes das práticas de manejo realizadas inadequadamente,

destacando-se as podas realizadas, ou seja, a presença de podas drásticas e de podas de raízes, ressaltando também ao alto nível de elementos conflitantes, além das delimitações ao desenvolvimento do sistema radicular.

Sendo esses um conjunto de fatores que interferem direto e indiretamente no vigor desses indivíduos, ressaltando também as condições do pavimento e área livre (presença/ausência e cobertura da mesma).

Esses elementos podem ser trabalhados antes de se iniciar a implantação local, podendo ser por meio do planejamento inicial adequando o ambiente em relação a presença de indivíduos arbóreos no local. Destacando mais uma vez a grande necessidade de melhorar os procedimentos de construção desses elementos, através da adoção de novas técnicas ou adequação de técnicas já existentes para que se concilie os processos de construção, edificação e árvores no meio urbano.

6.1.7 Diferentes tipos de área livre e cobertura da área livre

Com base na tabela 7, nota-se que para os diferentes tipos de área livre e diferentes tipos de cobertura da área livre, não houveram correlações significativas, portanto essas não atuam diretamente como fatores impeditivos ao crescimento e desenvolvimento de raízes. No entanto as correlações variaram de -0,01 a 0,26 para ambas as espécies de *K. bipinnata* e *T. tipu* denominadas como correlações não significativas, sendo fatores que diretamente não influenciam positivamente e negativamente no crescimento das raízes para as duas espécies estudadas, sendo assim seu crescimento não influenciado por tais fatores.

Tabela 7 - Análise de Correlação de Pearson entre os diferentes tipos de área livre e diferentes tipos de cobertura da área livre para as duas espécies arbóreas *K. bipinnata* e *T. tipu* no bairro centro de São Mateus do Sul.

<i>K. bipinnata</i>	Tipo de área livre					Tipo de cobertura da área livre					
	Retangular	Circular	Calçada verde	Sem calçada	Sem área livre	Gramma	Terra	Entulho	Sem área livre	Regeneração natural	Outro
Crescimento de raízes (m)	0,04	-0,02	0,08	0,09	-0,12	0,06	0,01	-0,06	-0,14	-0,01	-0,01

<i>T. tipu</i>	Tipo de área livre				Tipo de cobertura da área livre				
	Retangular	Circular	Calçada verde	Sem calçada	Sem área livre	Gramma	Terra	Brita	Sem área livre
Crescimento de raízes (m)	0,02	0,02	-0,06	0,02	0,02	-0,02	-0,01	0,02	0,02

6.1.8 Resistência a penetração do solo

Na tabela 8, podemos observar a resistência a penetração do solo em relação aos diferentes tipos de pavimento e cobertura da área livre dos indivíduos de *K. bipinnata*.

Tabela 8 - Distribuição da resistência a penetração do solo em relação ao tipo de pavimento e cobertura da área livre para o indivíduos de *K. bipinnata* no bairro centro de São Mateus do Sul – PR.

Tipo de pavimento/R P média (KPa)	Tipos de cobertura da área livre	Nº de árvores	Condições	Nº	RP (KPa)
Cimento (21 árvores)	Gramma	10	Sem afloramentos	3	1370,6 c
			Afloramento na área livre	7	
			Afetando a calçada	4	
			Raiz enovelada	1	
			Poda de raiz	3	
			Poda sem orientação – Raiz	1	
	Terra	7	Afloramento na área livre	6	1124,7 e
			Afetando a calçada	3	
			Raiz enovelada	1	
			Poda de raiz	2	
			Poda sem orientação – Raiz	1	
	Sem área livre	2	Sem afloramentos	1	-
			Afloramento na área livre	1	
			Afetando a calçada	1	
			Poda de raiz	1	
Regeneração natural	2	Sem afloramentos	2	1027,6 g	
Calçamento (7 árvores)	Sem área livre	6	Afloramento na área livre	6	-
			Afetando a calçada	6	
			Raiz enovelada	1	
	Outros/areia	1	Afloramento na área livre	1	786,9 i
Terra (2 árvores)	Gramma	1	Afloramento na área livre	1	1497,6 b
			Raiz enovelada	1	
	Terra	1	Afloramento na área livre	1	1362,5 c
			Raiz enovelada	1	
Gramma (2 árvores)	Gramma	1	Sem afloramentos	1	958,4 h
	Regeneração natural	1	Sem afloramentos	1	1112,25 f

Lajota hexagonal permeável (2 árvores)	Gramma	1	Afloramento na área livre	1	1539,3 a
	Sem área livre	1	Raiz enovelada	1	-
Brita (1 árvore)	Terra	1	Sem afloramentos	1	516,9 k
Paver (1 árvore)	Terra	1	Afloramento na área livre	1	704,5 j
			Poda de raiz	1	
Outros (1 árvore)	Gramma	1	Afloramento na área livre	1	1250,6 d
			Afetando a calçada	1	
			Raiz enovelada	1	
			Poda de raiz	1	

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5,0% de probabilidade de erro. RP= Resistência a penetração. RP= Resistência a penetração.

Fonte: O autor (2017).

Com base na tabela acima, observamos que o menor valor de resistência a penetração foi no pavimento brita, sendo terra como cobertura da área livre, correspondendo a 516,9 Kpa. Dessa forma, é possível salientar que o valor de resistência a penetração do solo para a espécie de *K. bipinnata* (516,9 Kpa), é considerado com baixa resistência a penetração do solo, sendo este um fator positivo ao crescimento das raízes, pelo fato de proporcionar a ela melhor condição de penetração de raízes sem que haja limitações.

Sendo que o maior valor de resistência a penetração, ainda com base na Tabela 8, se encontra no pavimento lajota hexagonal permeável com cobertura da área livre grama 1539,3 Kpa, o qual também é classificado como baixa resistência a penetração de acordo com classificação do aparelho.

Porém, todos os valores encontrados em relação resistência a penetração para a espécie de *K. bipinnata* foram baixos, sendo estes um fator não restritivo a penetração de raízes. No entanto, quanto menor a compactação do solo maior é a capacidade de infiltração de água no solo, e maior será as chances de penetração das raízes. Desde que a área livre se encontre adequada tendo o mínimo exigido de 1,0 m² e não esteja concretado até a base, e sem a presença de elementos urbanos restringindo.

Na tabela 9, observamos Distribuição da resistência a penetração em relação ao tipo de pavimento e cobertura da área livre para os indivíduos de *T. tipu*.

Tabela 9 - Distribuição da resistência a penetração do solo em relação ao tipo de pavimento e cobertura da área livre para o indivíduos de *T. tipu* no bairro centro de São Mateus do Sul – PR.

Tipo de pavimento/RP média (KPa)	Tipos de cobertura da área livre	Nº de árvores	Condições	Nº	RP
Cimento (8 árvores)	Grama	7	Sem afloramentos	3	1361,9 e
			Afloramento na área livre	4	
			Afetando a calçada	1	
	Terra	1	Afloramento na área livre	1	1760,9 b
			Afetando a calçada	1	
			Raiz envelada	1	
			Poda de raiz	1	
Terra (2 árvores)	Terra	2	Sem afloramentos	2	785,2 g
Grama (6 árvores)	Grama	6	Sem afloramentos	1	973,4 f
	Sem área livre	6	Sem área livre	5	-
Lajota hexagonal permeável (5 árvores)	Grama	2	Afloramento na área livre	2	1409,1 d
			Afetando a calçada	1	
			Raiz envelada	1	
			Poda de raiz	1	
	Terra	2	Afloramento na área livre	2	1752,4 c
			Colo enterrado	1	
	Sem área livre	1	Afetando a calçada	1	-
Brita (3 árvores)	Terra	2	Afloramento na área livre	1	374,4 h
			Sem afloramentos	1	
	Sem área livre	1	Afloramento na área livre	1	-
			Afetando a calçada		
Regeneração natural (1 árvore)	Sem área livre	1	Sem área livre	1	-
Outros (5 árvores)	Grama	5	Afloramento na área livre	5	1795,1 a
			Afetando a calçada	1	
			Raiz envelada	1	

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5,0% de probabilidade de erro.

Fonte: O autor (2017).

Na tabela acima encontra-se mais uma vez o pavimento brita com cobertura da área livre terra com baixa resistência a penetração (374,4 Kpa), sendo ainda menor que o valor entrado para a espécie de *K. bipinnata*, o que pode ser justificado pelas mesmas condições relatadas acima, destacando que os indivíduos de *T. tipu* encontram-se localizados nas extremidades do bairro centro onde se tem menor fluxo de pessoas e de veículos por ruas e calçadas, potencializando o grau de compactação do solo.

A compactação do solo resulta na diminuição dos espaços porosos, devido a forças aplicadas sobre a superfície do solo, reduzindo então o espaço entre os agregados do solo (CRAUL, 1985).

Essa compactação irá implicar na resistência à penetração das raízes, acarretando menor percolação da água existente no solo para o subsolo e a perda de aeração pelo decréscimo da porosidade (SANTOS; TEIXEIRA, 2001, p. 19).

Outro fator limitante pela compactação é em relação a perda do vigor das plantas, por dificultar a penetração das raízes, conseqüentemente não permitindo o crescimento adequado para essas raízes, dificultando a fixação da planta no solo e proporcionando maiores riscos de queda do indivíduo.

No entanto segundo Lima, (1993), a espécie de *T. tipu* afeta o calçamento, pelo crescimento superficial das suas raízes quando limitadas, pela compactação do solo e pela ausência de área livre e presença de pavimentos impermeáveis.

Apesar de raízes serem facilmente encontradas sob as rachaduras, as mesmas podem estar auxiliando no crescimento destas raízes abaixo delas. Com o aumento da aeração sob as rachaduras, é possível a hipótese de que algumas espécies tenham um aumento no seu crescimento radicular, resultando em um *feedback* positivo: o crescimento radicular pode promover falhas no pavimento, e falhas no pavimento podem promover o crescimento radicular. Uma alternativa a este problema seria o uso de pavimentos porosos, ou seja, permeáveis (ao ar e à água) como sugeridos por MORGENROTH (2011) e MULLANEY (2015).

Dessa forma, é possível observar que o tipo de pavimento propicia melhores condições para as árvores, uma vez que pavimentos permeáveis permite maior infiltração, melhor desenvolvimento das raízes e conseqüentemente maior umidade para o solo, favorecendo a absorção de minerais pelos indivíduos e melhorando as condições de desenvolvimento.

O que se torna fundamental adequar a espécie e suas necessidades às condições em que será o plantio, onde a árvore deve apresentar estrutura e características tolerantes as condições do local.

7 CONCLUSÃO

Com base nos aspectos apresentados ao longo do presente estudo conclui-se que:

O melhor tipo de pavimento e cobertura da área livre para o meio urbano são os ditos como permeáveis, o qual proporciona aos indivíduos as condições adequadas sem limitações do seu desenvolvimento, o qual favorece o crescimento da raízes sem impedimentos devido as suas características como maior infiltração e maior umidade do solo.

Com a avaliação das condicionantes físicas do solo observa-se que a medida que aumenta a temperatura do solo, menor é o crescimento de raízes, sendo este um fator limitante ao crescimento radicular, e que o uso de coberturas permeáveis auxiliam na diminuição desse aquecimento e pela disponibilidade de nutrientes e maior percolação de água, além de apresentar menor compactação do solo.

No entanto é importante salientar que a qualidade do sistema radicular é influenciada pelas condições do ambiente onde se encontram inseridos. Pois nem sempre rachaduras em calçadas, muros e edificações são causadas pelas raízes, podendo ser devido a estas condições do ambiente como o tipo de pavimento, presença de área livre e tipo de cobertura da área livre que muitas vezes são planejadas e construídas de forma incorreta.

O mau planejamento e implantação da arborização acabam acarretando em vários problemas, podem ser caracterizados pelo aumento de queda de árvores e aumento no número de levantamento de calçadas, afloramento na área livre e enovelamento de raízes, como também na integridade ou grau de apodrecimento do sistema radicular.

Com isso é possível afirmar a necessidade de se ter área livre maior que 1 m² para indivíduos de pequeno, 2 m² de médio porte e mais que 3 m² para indivíduos de grande porte, com cobertura permeável. Portanto, é possível salientar que para se ter melhor condição para os indivíduos arbóreo deve-se utilizar de pavimentos permeáveis, possibilitando agregação de valor para a população como para o órgão gestor além de oferecerem melhores condições para os indivíduos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BASSUK, N.; GRABOSKY, J.; MUCCIARDI, A.; RAFFEL, G. Ground-penetrating Radar Accurately Locates Tree Roots in Two Soil Media Under Pavement. **Arboriculture & Urban Forestry**. v.37, n. 4, 2011, p. 160–166.

BATCHELDER, S.; BATCHELDER, M. Urban trees and associated root problems: Part 3 — Managing root zone conditions for new plantings. **Western Arborist**. Winter. 2011, p. 12-16.

BIONDI, D; ALTHAUS, M. **Árvores de rua de Curitiba: cultivo e manejo**. Curitiba: FUPEF, 2005, 177 p.

BIZ, S. **Inventário do Patrimônio Arbóreo do Bairro Centro Norte da Cidade de Dois Vizinhos – PR**. 2014. 96 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2014.

BIZ, S et al. Resistência do solo a penetração como indicador de impacto ambiental em áreas de recreação-resultados preliminares. In: **Congresso de Ciência e Tecnologia da UTFPR Câmpus Dois Vizinhos**. 2011. p. 244-248.

BLACKWELL, P. G; RENNOLLS, K.; COUTTS, M. A root anchorage model for shallowly rooted Sitka spruce. **Forestry**. v. 63, 1990, p.73–91.

BONAMETTI, J. H. Arborização Urbana. **Terra e Cultura**. n. 36, 2003, p. 51-55.

BRAZOLIN, S. **Biodeterioração, anatomia do lenho e análise de risco de queda de árvores de tipuana, Tipuana tipu (Benth.) O. Kuntze, nos passeios públicos da cidade de São Paulo, SP**. 2009. 265 f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais). Universidade de São Paulo. 2009.

BRUN, E. J; BRUN, F G K; SZYMCZAK, D E; MEYER, E A.; LONDERO, E. **Status nutricional de pitangueira (*Eugenia uniflora* L.) – Estudo de caso na arborização viária de Santa Maria, RS**. In: XVIII Congresso Brasileiro de Arborização Urbana, 2014, Rio de Janeiro. XVIII Congresso Brasileiro de Arborização Urbana. Porto Alegre: SBAU, 2014.

BRUN, E. J; BRUN, F. G K; SZYMCZAK, D. A; MEYER, E. A; SCHUMACHER, M. V. Avaliação nutricional de indivíduos de Sibipiruna (*Caesalpinia pluviosa* Benth.) na arborização viária de Santa Maria - RS. In: XIV Congresso Brasileiro de Arborização

Urbana, 2010, Bento Gonçalves. **XIV Congresso Brasileiro de Arborização Urbana: verde é vida! Verde é saúde!**. Belo Horizonte: SBAU, 2010. p. 176-191.

BRUN, F. G. K **Avaliação do potencial de estoque de carbono por Sibipiruna (*Poincianella pluviosa* (Benth) L. P. Queiróz) na arborização viária de Maringá - PR.** 2012. 165 f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 2012.

BRUN, F.G.K.; LONGHI, S.J.; BRUN, E.J.; FREITAG, A.S.; SCHIMACHER, M.V. Comportamento fenológico e efeito da poda em algumas espécies empregadas na arborização do bairro Camobi, Santa Maria, RS. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 2, n. 1, p. 44-63, mar. 2007.

CARVALHO, J. A.; NUCCI, J. C.; VALASKI, S. Inventário das Árvores Presentes na Arborização de Calçadas da Porção Central do Bairro Santa Felicidade–Curitiba/PR. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**. v.5, n.1, 2010. p. 126-143.

CEMIG - Companhia Energética De Minas Gerais. **Manual de arborização. Belo Horizonte: Superintendência do Meio Ambiente/CEMIG**, 2011. 40 p.

COPEL- Companhia Paranaense de Energia. Arborização de vias Públicas. **Guia para os Municípios**. 2009, 52 p. Disponível em: <http://www.copel.com/hpcopel/guia_arb/bibliografia.html>. Acessado em 01 de Maio 2016.

COUTTS, M.P. Root architecture and tree stability. **Plant and Soil**. v.71, 1983, p. 171–188.

CRAUL, P. J. **Urban Soils in Landscape Design**. 1. ed. Cambridge, Massachusetts, 1992, 396 p.

CRAUL, P. J. A description of urban soils and their desired characteristics. **Journal of Arboriculture**, 1985, v.11, n.11, p. 130-139.

DIEBERGER, C; BACHER, L; GATTI, W. L.; DIEBERGER, I. G. **Árvore da China – *Koelreuteria paniculata***. 2010. Disponível em: <http://www.fazendacitra.com.br> acesso em 18 de Abril de 2017. 1 p.

FRANCO, M. **Árvore da China – *Koelreuteria bipinnata***. 2014. Disponível em: <<http://plantas-ornamentais.blogspot.com.br/2012/02/arvore-da-china-koelreuteria->

bipinnata.html>. Acessado em: 10/05/2017. <http://plantas-ornamentais.blogspot.com.br/2012/02/arvore-da-china-koelreuteria-bipinnata.html>

GONÇALVES, T. M.; SANTOS, R. **Arborização das Cidades: direito à biodiversidade e à cidade saudável**. 2011, 2 p. Disponível em: <<http://www.unesc.net/post/307/32/16854>>. Acesso em: 21/01/2016.

GONÇALVES, W. e PAIVA, H. N. **Árvores Para o ambiente Urbano**. Viçosa: Aprenda Fácil, v.3, 2004. 243 p..

GRAVES, W.R. Urban soil temperatures and their potencial impact on tree growth. **Journal of Arboriculture** - International Society of Arboriculture. 1994. 24-24 p.

HARRIS, R; CLARK, J; MATHENY, N. **Arboticulture: Integrated Management of Landscape Trees, Shrubs, and Vines**. New Jersey: Pearson Education, 2004. 578 p.

HIGA, T. T. **Análise do conforto térmico proporcionado pelo sombreamento de duas espécies arbóreas sobre edificações**. 2015. 104 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2015.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. 2010, 1 p. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 21 Abr. 2016.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **História**. 2016, 1 p. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/painel/historico.php?lang=&codmun=412560&search=||info gr%E1ficos:-hist%F3rico>>. Acesso em: 02 Mar. 2016.

INGRAM, D. L.; MARTIN, C. A.; RUTTER, J. M. Heat-stress of container-grown plants. **International Plant Propagation Society** n.39, 1989, p. 348–353.

KODRIK, J.; KODRIK, M. Root biomass of beech as a factor influencing the wind tree stability. **Journal of Forest Science**. v. 48, 2002 p. 549–564.

KOZLOWSKI, T. T., Tree growth in response to environmental stresses. **Journal of Arboriculture**. n.11, 1985, p. 97–111.

LIMA, A.M.L.P. **Piracicaba/SP: Análise da arborização viária na área central e em seu entorno.** 1993. 238 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1993.

LIMA, V.; AMORIM, M. C. C. T. Importância das Áreas Verdes Para a Qualidade Ambiental das Cidades. **Revista Formação.** v. 1, n. 13, 2006, p. 69-82.

LORENZI, H; SOUZA, H. M de; TORRES, M. A. V; BACHER, L. B. **Árvores exóticas no Brasil: madeireiras, ornamentais e aromáticas.** São Paulo, SP: Instituto Plantarum, 2003. 368 p.

MARTELLI, A; BARBOSA J. J. Incidência e fatores causais das supressões da arborização urbana no município de Itapira, Estado de São Paulo. **Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient.,** Curitiba, v. 9, n. 2, p. 215-222, 2011.

MARTINS, L. F. V. et al. Relação entre podas e aspectos fitossanitários em árvores urbanas na cidade de luiziana, paraná. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana,** Piracicaba – SP, v.5, n.4, 2010. 141-155 p.

MASCARÓ, L.; MASCARÓ, J. **Vegetação urbana.** 2,Ed. Porto Alegre: Mais Quatro Editora, 2005, 204 p.

MAUS, V. W.; RIGHES, A. A.; BURIOL, G. A. Pavimentos permeáveis e escoamento superficial da água em áreas urbana. In: **I SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORTE E CENTRO-OESTE,** 1, 2007.Cuíaba. **Anais.** Cuíaba: ABRH, 2007. p. 1-8.

MAZIOLI, B. C. **Inventário e Diagnóstico da Arborização Urbana de Dois Bairros da Cidade de Cachoeiro do Itapemirim, ES.** 2012. 43 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Espírito Santo. Espírito Santo, 2012.

MILLER, W. **Urban forestry: planning and managing urban greenspaces.** 2 ed. New Jersey, Prentice Hall. 1997. 502 p.

MORGENROTH, J. Root growth response of *Platanus orientalis* to porous pavements. **Arboriculture & Urban Forestry.** v. 37, n. 2, 2011. 45–50 p.

MOTTA, G. L. O. **Inventário da arborização de áreas, utilizando um sistema hierárquico para endereço impreciso.** 1998. 120 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

MULLANEY, J.; LUCKE, T.; TRUEMAN, S. J. The effect of permeable pavements with an underlying base layer on the growth and nutrient status of urban trees. **Urban Forestry & Urban Greening**. v.14, 2015, p. 19-29.

NIERI, E. M. **Vigor nutricional de espécies arbóreas da arborização viária do bairro Margarida Galvan – Dois Vizinhos/PR**. 2013. 98 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2013.

NUNES, M. L. **Avaliação das necessidades de manejo e compatibilidade entre a arborização de ruas e redes de energia em Apucarana e Cascavel-Parana**. 1995. 104 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná. 1995.

OLIVEIRA, A. G. **Avaliação das temperaturas superficiais do solo em relação à conformação urbana existente na Praça do Aeroporto Marechal Rondon em Várzea Grande/MT**. 2008, 81 f. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) –Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, 2008.

PAIVA, A. V.; LIMA, A. B. M.; CARVALHO, A.; JUNIOR, A.; GOMES, A.; MELO C.; FARIAS, C.; REIS, C.; BEZERRA, C.; JUNIOR, E.; MACEDO, E.; LIMA, E.; SOBRINHO, F.; SILVA, F.; BONFIM, J. C.; JUNIOR, L.; CORREA, M.; DUMONT, M.; JUNIOR ISAAC, M.; PANTOJA, N.; DAVILA, R.; GABRIEL, R.; SILVA, R.; CUNHA, Renato; OLIVEIRA, R.; DIAS, R.; NICHELI, S.; COSTA, S.; SOUZA, T.; PEREIRA, T.; CASTELO, Z.; FERRARI, Z. Inventário e diagnóstico da arborização urbana viária de rio branco, AC. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 5, n. 1. mar. 2010. 144-159 p.

PAULA, R. Z. R. **A influência da Vegetação no Conforto Térmico do Ambiente Construído**. 2004, 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2004.

PEDRON, F.; MENEZES F.; BOTELHO M.; AZEVEDO A.; DALMOLIN R. Levantamento e classificação de solos em áreas urbanas: importância, limitações e aplicações. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 13, n. 2, 2007. 147-151 p.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO MATEUS DO SUL. **História**. 1p. Disponível em: < <http://www.saomateusdosul.pr.gov.br/o-municipio/historia/>>. Acesso em: 02 maio 2016.

RANDRUP, T. B.; MCPHERSON, E. G.; COSTELLO, L. R. A review of tree root conflicts with sidewalks, curbs, and roads. **Urban Ecosystems**, v. 5, n. 3, 2001. 209-225 p.

ROCHA, J. R.; WERLANG, M. K. Índice de cobertura vegetal em Santa Maria: o caso do Bairro Centro. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 27, n. 2, 2005, p. 85 – 99.

ROCHA, R. T.; LELES P. S. S.; NETO, S. O. N. Arborização de vias públicas em Nova Iguaçu, RJ: o caso dos bairros Rancho Novo e Centro. **Revista Árvore**, v. 28, n. 4, 2004. 599-607 p.

ROMERO, M.A.B. Desenho da cidade e conforto ambiental. **RUA**. v.1, n. 1, 2006. 12-19 p.

ROSSETTI, A. I. N.; PELLEGRINO, P. R. M.; TAVARES, A. R. As árvores e suas interfaces no ambiente urbano. **Revista Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 5, n. 1, 2010, 1-24 p.

SANTOS JUNIOR, J. B. **Solos urbanos residenciais do bairro Jardim Paulista, Campina Grande do Sul PR**. 2008, 47 f., Dissertação (Pós-Graduação em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2008.

SANTOS JUNIOR, J. B. **Solos urbanos residenciais do bairro Jardim Paulista**. 2008. 48 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo), Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2008.

SANTOS, N. R. Z.; TEIXEIRA, I. F. **Arborização de Vias Públicas: Ambiente x Vegetação**. Porto Alegre: Clube da árvore, 2001, 135 p.

SCHALLENBERGER, L S et al. Avaliação da condição de arvores urbanas nos principais parques e praças do Município de Irati-PR. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, Piracicaba–SP**, v. 5, n. 2, 2010. 105-123 p.

SHARON, j. L. **Guia de estudo para a certificação do arborista - ISA**. 2015, 337 p.

Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SiBCS - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. – Rio de Janeiro: EMBRAPA. 2006. 306 p.

SILVA, A. G; PAIVA, H. N; GONÇALVES, W. **Avaliando a arborização urbana**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2007. 346 p.

SMILEY, T. Comparison of methods to reduce sidewalk damage from tree roots. **Arboriculture & Urban Forestry**. v. 34, 2008, p.179–183.

SYDNOR, T. D; GAMSTETTER, D; NICHOLS, J; BISHOP, B; FAVORITE, J; BLAZER, C; TURPIN, L. **Trees are not the root of sidewalk problems**. **Journal of Arboriculture**. v. 26, n. 1, 2000p. 20–29.

TAMASI, E.; STOKES, A.; LASSERRE, B.; DANJON, F.; BERTHIER, S.; FOURCAUD, T.; CHIATANTE. Donato. Influence of wind loading on rootsystem development and architecture in oak (*Quercus robur* L.) seedlings. **Trees**. v.19. 2005, p.374–384.

TROWBRIDGE, P; BASSUK, N. **Tres in the urban landscape**. New Jersey: Copyright, 2004. 207 p.

TWORKOSKI, T. J; ENGLE, M. E; KUJAWSKI, P. T. Growth regulatory effects and soil concentration of controlled-release Trifluralin applied to roots of yellow poplar and red oak. **Journal of the American Society of Horticultural Science**. v. 121, 1996, p. 461–465.

UNRIC, **Centro Regional de Informação das Nações Unidas**. Disponível em:< <http://www.unric.org/pt/actualidade/31537-relatorio-da-onu-mostrapopulacaomundial-cada-vez-mais-urbanizada-mais-de-metade-vive-em-zonas-urbanizadas-ao-que-se-podem-juntar-25-mil-milhoes-em-2050>> Acesso em: 07 mar. 2016. 1 p

URBAN, J. Two different approaches to improve growing conditions for trees: Comparing Silva cells and structural soil. American Society of Consulting Arborists. **Arboricultural Consultant**. v.46, n.2, 2013, p. 5-14.

WATSON, G. W; HEWITT, A. M; CUSTIC, M.; LO, Marvin. The Management of Tree Root Systems in Urban and Suburban Settings: A Review of Soil Influence on Root Growth. **Arboriculture & Urban Forestry**. v. 40, n. 4, 2014a, 193-217 p.

WATSON, G. W; HEWITT, A. M; CUSTIC, M.; LO, M. The management of tree root systems in urban and suburban settings II: A review of strategies to mitigate human impacts. **Arboriculture & Urban Forestry**. v. 40, n. 5, 2014b, 249–271 p.