

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA FLORESTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

BIANKA LUISE DE OLIVEIRA

POTENCIAL DAS ÁRVORES URBANAS NA REGULAÇÃO
HÍDRICA EM RUAS DA CIDADE DO RECIFE – PE

RECIFE-PE

2019

BIANKA LUISE DE OLIVEIRA

**POTENCIAL DAS ÁRVORES URBANAS NA REGULAÇÃO
HÍDRICA EM RUAS DA CIDADE DO RECIFE – PE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia Florestal da
Universidade Federal Rural de Pernambuco,
como parte das exigências para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador (a): Prof. Dr. Everaldo Marques de
Lima Neto

RECIFE-PE

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- O48 Oliveira, Bianka Luise de
Potencial das árvores urbanas na regulação hídrica em ruas da cidade do Recife – PE / Bianka Luise de Oliveira. -
2019.
52 f. : il.
- Orientador: Everaldo Marques de Lima Neto.
Inclui referências e anexo(s).
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em
Engenharia Florestal, Recife, 2019.
1. Intercepção pluvial. 2. Escoamento superficial. 3. Arborização Urbana. I. Neto, Everaldo Marques de Lima, orient.
II. Título

CDD 634.9

BIANKA LUISE DE OLIVEIRA

**POTENCIAL DAS ÁRVORES URBANAS NA REGULAÇÃO
HÍDRICA EM RUAS DA CIDADE DO RECIFE – PE**

Aprovado em 06 de dezembro de 2019

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Everaldo Marques de Lima Neto
(Universidade Federal Rural de Pernambuco)

Eng. Florestal Moacir Marinheiro de Oliveira Júnior
(Secretaria de Meio Ambiente da Prefeitura de Jaboatão dos Guararapes)

Prof^a. Dr^a. Simone Mirtes Araújo Duarte
(Universidade Federal Rural de Pernambuco)

RECIFE-PE

2019

DEDICATÓRIA

Dedico este, e todos os meus trabalhos, à
minha mãe (*in memoriam*), dona de uma
grandiosa história, a qual me espelho e que
honrarei pela dedicação de uma vida às suas
três filhas.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal Rural de Pernambuco, pela oportunidade de estudo com a cobrança apenas do meu esforço.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de Iniciação Científica e viabilização deste trabalho.

À Michigan State University, por proporcionar os melhores dezoito meses que vivi até o dia de hoje e por tanto aprendizado que me foi proporcionado.

Às minhas irmãs, Andressa e Lizandra, que tanto que apoiaram, que tanto me lembraram do meu potencial, que tanto suportaram meus momentos de estresse nesses quase oito anos de graduação, que tanto me amaram apesar das minhas andanças acadêmicas longe de casa e por continuarem firmes ao meu lado.

Ao meu namorado, João Fellipe, por toda paciência e amor em todos os momentos.

Ao eterno Lado B, que mesmo no modo Jack Bauer chegamos (ou quase) chegamos aos dias de glória, depois de tantos perrengues.

Ao Boteco da Floresta, um presente que a Engenharia Florestal me deu, pela amizade de quase oito anos e depois de tanto tempo, com a mesma cumplicidade.

Aos grandes amigos que fiz no Ciência sem Fronteiras, Tainá, Mariana, Nathália, Marcos, Laécio, Octávio e Isabela, por virarem família enquanto estive longe de casa.

À minha família por parte de mãe, por todo apoio emocional, por tanto amor e por me ajudarem quando mais precisei.

Ao meu orientador Everaldo Marques, por abraçar a minha ideia, por tanto me ajudar, por me ouvir de igual para igual e por toda força antes e durante a execução deste trabalho.

Ao professor Rodrigo Hakamada, por ser esse mestre para os alunos, por ser mais que um professor, por me abrir os olhos sobre o meu potencial, por me dar a oportunidade incrível de trabalhar no GPFlor, por clarear minha mente nos dias em que eu só chorava de desespero, por todos os puxões de orelha necessários e por ter sido esse grande conselheiro.

À minha equipe de inventário, pois sem eles este trabalho não existiria.

Ao GPFlor e todos os membros, pela experiência incrível que vivi no grupo.

À Luiza, que retornou à minha vida e me fez descobrir uma grande amiga com um coração admirável.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, toda minha gratidão.

RESUMO

As árvores urbanas possuem a capacidade de interceptar a água da chuva por meio de suas folhas, galhos superficiais e troncos, retardando o pico de vazão e reduzindo o escoamento superficial. Diante disso, este estudo teve como objetivo estimar o potencial de regulação hídrica de árvores urbanas no bairro das Graças em Recife – PE com o auxílio da plataforma *i-Tree* para quantificar o volume de água interceptado e o escoamento superficial evitado pelas árvores. Foi realizado um inventário arbóreo em 4 ruas do bairro seguindo os modelos e protocolos da plataforma. Os dados foram inseridos no programa *i-Tree Eco v6*, que possui a finalidade de quantificar e valorar serviços ecossistêmicos de árvores urbanas. Com uma interface intuitiva e de fácil utilização, o programa gerou relatórios referentes à interceptação e ao escoamento superficial evitado a nível de indivíduo e de espécies, à saúde das copas, às classes de diâmetro à altura do peito (DAP), à área de copa, à área foliar e à frequência das espécies. No ano de 2016, 137 indivíduos interceptaram 1.739,8 m³ de águas pluviais e evitaram o escoamento superficial de 355,1 m³ de água. As espécies de maior frequência foram *Licania tomentosa* (21,17%), *Senna siamea* (11,68%), *Terminalia catappa* (9,49%) e *Filicium decipiens* (8,03%). Dentre as espécies de maior frequência, a *L. tomentosa* apresentou maior interceptação total e a *T. catappa* apresentou maior valor de interceptação média de seus indivíduos. A mesma sequência ocorreu para os valores de escoamento evitado. A espécie *Lagerstroemia speciosa* apresentou os menores valores de interceptação e escoamento superficial evitado. Boa parte dos indivíduos das espécies de maior ocorrência apresentaram copas em condições ruins e críticas. A espécie *L. tomentosa* apresentou maior área e volume de copa, seguida pela *T. catappa* e *S. siamea*. Os valores de interceptação e escoamento superficial evitado demonstraram que estão diretamente relacionados à área, ao volume e à saúde da copa. Os resultados corroboram a utilidade da plataforma nos estudos dos serviços ecossistêmicos para com a arborização urbana de cidades brasileiras. Apesar de algumas limitações para projetos internacionais, a plataforma consegue cumprir com as suas funções de forma satisfatória. Os produtos gerados pelo programa *i-Tree Eco v6* pode auxiliar no planejamento e gestão das árvores urbanas.

Palavras-chave: Interceptação pluvial. Escoamento superficial. Arborização Urbana.

ABSTRACT

Urban trees have the ability to intercept rainwater through their leaves, surface branches and logs, slowing down the peak flow and reducing runoff. Given this, this study aimed to estimate the potential of water regulation of urban trees in the neighborhood of Graças in Recife - PE with the help of the i-Tree platform to quantify the volume of intercepted water and avoided runoff by trees. A tree inventory was conducted in 4 streets of the neighborhood following the platform models and protocols. The data were entered into the i-Tree Eco v6 program, which aims to quantify and value urban tree ecosystem services. With an intuitive and easy-to-use interface, the program generated reports on interception and avoided runoff at individual and species level, crown health, breast height diameter (DBH) classes, crown area, leaf area, and frequency of species. In 2016, 137 trees intercepted 1,739.8 m³ of rainwater and avoided 355.1 m³ of runoff. The most frequent species were *Licania tomentosa* (21.17%), *Senna siamea* (11.68%), *Terminalia cattapa* (9.49%) and *Filicium decipiens* (8.03%). Among the most frequent species, *L. tomentosa* presented the highest total interception and *T. catappa* presented the highest average interception value of its individuals. The same sequence occurred for the avoided runoff values. The species *Lagerstroemia speciosa* presented the lowest values of interception and avoided runoff. Most of the individuals of the most frequent species presented crowns in bad and critical conditions. The species *L. tomentosa* presented larger crown area and volume, followed by *T. catappa* and *S. siamea*. The values of interception and avoided runoff showed that they are directly related to the tree area, volume and health of the crown. The results illustrate that the platform is very useful in the study of ecosystem services provided by Brazilians' cities urban afforestation. Despite some limitations for international projects, the platform works satisfactorily. The products generated by the i-Tree Eco v6 program can assist in the planning and management of urban trees.

Keywords: Rainfall interception. Runoff. Urban forest.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo.	22
Figura 2 - Fluxograma com as etapas dos procedimentos metodológicos.	23
Figura 3 - Indivíduos da espécie <i>L. speciosa</i> na Rua Aníbal Falcão apresentando copas e localização esparsas.	35
Figura 4 - Distribuição de exemplares da espécie <i>L. tomentosa</i>	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação das ruas para realização do inventário arbóreo.	24
Tabela 2 - Espécies encontradas nas 4 (quatro) ruas estudadas no Bairro das Graças em Recife - PE.....	31

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Distribuição das chuvas e volume de água interceptado pelos indivíduos arbóreos de 4 (quatro) ruas no Bairro das Graças em Recife – PE no ano de 2016.....	28
Gráfico 2 - Escoamento superficial evitado por conta da presença dos indivíduos arbóreos em 4 (quatro) ruas no Bairro das Graças em Recife - PE.....	30
Gráfico 3 - Distribuição das espécies por classe de DAP.....	33
Gráfico 4 - Interceptação total das espécies de maior frequência nas 4 (quatro) ruas estudadas.....	34
Gráfico 5 - Condição fitossanitária da copa das espécies com maior frequência na área estudada.	36
Gráfico 6 - Taxas de escoamento superficial evitado por ano pelas espécies de maior ocorrência na área estudada.....	37
Gráfico 7 - Relação entre área de copa total e água total interceptada pelas espécies de maior frequência na população.	38
Gráfico 8 - Relação entre a área de copa total e o escoamento superficial evitado pelas espécies de maior frequência na população.....	39
Gráfico 9 - Relação entre o volume total da copa e a água total interceptada pelas espécies de maior frequência na população.	39
Gráfico 10 - Relação entre o volume total da copa e o escoamento superficial evitado pelas espécies de maior frequência na população.....	40

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS.....	13
2.1. Objetivo Geral.....	13
2.2. Objetivos Específicos	13
3. REFERENCIAL TEÓRICO	14
3.1. Cenário Atual das Cidades.....	14
3.1.1. Arborização Urbana.....	15
3.2. Árvores Urbanas e Serviços Ecossistêmicos	17
3.2.1. Intercepção de Águas Pluviais e Árvores Urbanas	18
3.2.2. Escoamento Superficial e Árvores Urbanas	18
3.3. Potencial das Árvores Urbanas na Regulação Hídrica	20
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	22
4.1. Caracterização da Área de Estudo	22
4.2. Procedimentos Metodológicos.....	23
4.3. Inventário Arbóreo	24
4.4. Processamento de Dados	25
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5.1. Validação do Programa <i>i-Tree Eco v6</i>.....	27
5.2. Intercepção de Águas Pluviais.....	28
5.3. Escoamento Superficial Evitado	29
5.4. Potencial de Regulação Hídrica das Espécies Arbóreas.....	31
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
REFERÊNCIAS.....	42
ANEXO A.....	49
ANEXO B.....	51

1. INTRODUÇÃO

As árvores urbanas desempenham inúmeros benefícios e funções de ordem ecológica, estética e social, atribuindo melhoria na qualidade de vida da população (LIMA NETO et al., 2016). Dentre os serviços ecossistêmicos providos pelas árvores, destacam-se a filtragem do ar, o controle do microclima, redução de ruídos, regulação hídrica, tratamento de esgoto, além de valores recreacionais e culturais (BOLUND; HUNHAMMAR, 1999).

Em um cenário perfeito, as cidades seriam planejadas de forma a usufruir plenamente dos benefícios da floresta urbana. Dentro dessa perspectiva, Rossetti; Pellegrino; Tavares, (2010) afirmam que a escolha correta da espécie viabiliza o crescimento satisfatório da árvore, evita transtornos com mobilidade, evita conflitos com rede elétrica e de água e ainda reduz custos de manutenção com calçadas. Sendo assim, o planejamento e manejo da floresta urbana se observam como tarefas que deveriam ser executadas com primazia pela gestão das cidades.

Um dos grandes desafios atuais nas cidades é lidar com o destino da água da chuva em um ambiente amplamente impermeável. Apesar da presença de sistemas urbanos de drenagem, o volume de águas pluviais muitas vezes perpassa a capacidade de contenção desses sistemas. Com a forte consolidação estrutural das cidades, fazem-se necessários estudos para uma adaptação da estrutura urbana pré-existente associada à arborização, de modo que as águas pluviais sejam interceptadas, o escoamento superficial seja reduzido e a água seja direcionada ao lençol freático por meio da permeabilidade do solo (ALVES, 2015). Desta forma se contribui para a desaceleração do nível máximo das cheias, reduzindo assim o impacto de enchentes e inundações (ALVES, 2015; PEPER et al., 2007).

As árvores desempenham uma função significativa na interceptação da água da chuva ao reter a água e liberá-la para o ambiente na forma de evaporação e transpiração (TUCCI; CLARKE, 1997). Em áreas vegetadas, apenas um pequeno percentual da água escoar pelo solo (5 a 15%), enquanto o restante sofre o processo de evaporação ou infiltração em direção ao lençol freático (BOLUND; HUNHAMMAR, 1999). Desta forma, as árvores atuam como reguladoras do ciclo hidrológico nas cidades, realizando a manutenção do fluxo da água e auxiliando na mitigação de inundações e enchentes (RODRIGUES, 2017).

Uma única árvore tem capacidade de conter aproximadamente 375 litros de água, a depender do seu tamanho e espécie (FAZIO, 2010), como uma árvore de tamanho médio que consegue interceptar cerca de 9000 litros de água da chuva por ano (CUFR, 2002). Além

disso, árvores urbanas possuem a capacidade de remover poluentes e alguns metais pesados da água da chuva, agindo como um filtro e melhorando a qualidade da água (LIVESLEY; MCPHERSON; CALFAPIETRA, 2016).

Diferentes espécies arbóreas, em suas diferentes formas e tamanhos conseguem interceptar diferentes níveis de águas pluviais. A interceptação e o escoamento superficial realizados podem ser calculados com auxílio de plataformas digitais, como o programa *i-Tree Eco*, que permite calcular estes e outros benefícios advindos da arborização urbana (I-TREE, 2019a). Essas hipóteses nos levam a algumas questões, tais como: qual a quantidade de água da chuva interceptada pelas espécies arbóreas em meio urbano? O *i-Tree Eco*, um programa americano, seria adequado para avaliar regulação hídrica em cidades brasileiras?

A cidade do Recife é uma metrópole propensa a fenômenos extremos de chuvas diárias (WANDERLEY et al., 2018). Posto isto, este trabalho se justifica pela necessidade do estudo do papel da arborização urbana como suporte na mitigação de eventos de inundações e enchentes. Desta forma, buscou-se analisar a arborização das ruas mais arborizadas do bairro das Graças em Recife – PE, em termos de regulação hídrica, por meio de uma plataforma online (*i-Tree*) e suas ferramentas.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Estimar o potencial de regulação hídrica de árvores urbanas na interceptação e na redução do escoamento superficial de águas pluviais no bairro das Graças em Recife - PE.

2.2. Objetivos Específicos

- Validar a plataforma *i-Tree* na mensuração da regulação hídrica das árvores na área estudada;
- Quantificar o volume de águas pluviais interceptado pela arborização da área de estudo;
- Quantificar o escoamento superficial evitado pela presença de árvores na área de estudo;
- Identificar espécies com maior potencial de retenção de águas pluviais.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Cenário Atual das Cidades

Atualmente vivemos em um cenário de mudanças climáticas e seus impactos. O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) (2012, p. 3, tradução nossa) conceitua mudança climática como:

Mudança no estado do clima que pode ser identificado (utilizando-se testes estatísticos, por exemplo) por mudanças na principal e/ou nas suas propriedades e isso persiste por um período estendido, tipicamente por décadas ou mais. Mudança climática pode ocorrer devido a processos naturais internos ou forças externas, ou pela persistência de mudanças antropogênicas na composição da atmosfera ou no uso do solo.

Os impactos das mudanças climáticas podem ser, por muitas vezes, catastróficos, como o maior risco de inundações devido ao aumento do nível do mar e podem ainda afetar toda uma população, uma vez que a produção alimentícia também é prejudicada com a mudança nos padrões climáticos (ONU, 2019a). Eventos climáticos extremos são cada vez mais comuns, como ondas de calor, enchentes, secas, ciclones e incêndios, e os impactos destes eventos corrobora com a premissa de que boa parte de ecossistemas e da sociedade são vulneráveis às variações no clima atual (IPCC, 2014).

Em diversas cidades brasileiras vem sendo verificado o aumento na temperatura, conforme comprovado por Marengo et al., (2011), Silva et al., (2015), Silva e Dereczynski (2014) e Silva et al., (2019). Segundo o primeiro autor, a cidade de Vitória de Santo Antão - PE, teve um aumento considerável de 3°C em um período de 40 anos. Do mesmo modo, resultados de pesquisas apresentaram mudanças nos padrões de precipitação pluviométrica em diferentes Estados (NÓBREGA; FHELIPE; COSTA, 2015; SILVA et al., 2019; SILVA; DERECZYNSKI, 2014; VICENTE, 2004).

Mais da metade da população mundial vive nos centros urbanos, ou seja, 4,2 bilhões de pessoas residem nas cidades e o nível de urbanização tende a crescer (ONU, 2019b). Entretanto, segundo a mesma fonte, apesar do Brasil ter apresentado um rápido crescimento da urbanização nas últimas décadas, a porcentagem urbana tende a crescer de forma mais lenta nos próximos anos. A enorme quantidade de pessoas nos centros urbanos brasileiros

não significa uma igualdade na qualidade de vida. Uma parte da população do país vive em moradias construídas em encostas, com estruturas e condições precárias e sem serviço de saneamento básico (RIBEIRO, 2008). Essa parcela de habitantes apresenta maior vulnerabilidade aos impactos das mudanças climáticas e eventos extremos. Deslizamentos de terra podem ocorrer devido ao solo saturado de água por chuvas intensas e devido à ação humana ao construir em locais declivosos (HIGHLAND; BOBROWSKY, 2008).

O cenário atual necessita de ações imediatas, conforme discorre o objetivo 13 dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) sobre Ação Contra a Mudança Global do Clima: “*Tomar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos*” (ONU, 2019c). Uma parcela da sociedade se encontra de forma mais exposta a grandes riscos decorrentes de eventos extremos. Além disso, os estudos e empenho no planejamento e gestão voltados para o tema ainda são recentes, comparados às informações e experiências internacionais (SATHLER; PAIVA; BAPTISTA, 2019). Desta forma, são de grande importância os planejamentos e propostas de mitigação dos efeitos das mudanças climáticas para as pessoas como um todo (RIBEIRO, 2008; WELERSON; SILVA, 2019).

3.1.1. Arborização Urbana

No contexto de alternativas para mitigação dos efeitos das mudanças climáticas, a arborização urbana surge como uma ferramenta potencial para tal função. As árvores plantadas em ambientes urbanos podem fornecer inúmeros benefícios para os seres humanos, sendo fundamentais para nossa saúde e bem-estar (SAMAHA, 2019).

O conceito de arborização urbana teve início nas cidades parisienses com o enfileiramento de árvores nas avenidas e bulevares pelo Barão Haussmann (PAIVA; GONÇALVES, 2002). No Brasil, o termo “arborização urbana” foi utilizado inicialmente como a tradução para o termo americano “*Urban Forest*”, que dizia respeito a todo o conjunto de árvores da cidade (MAGALHÃES, 2006). A floresta urbana compreende os diversos tipos de agrupamentos vegetais presentes na malha urbana, como áreas verdes públicas, bosques, parques, terrenos desocupados, áreas residenciais, prédios públicos e ruas (NICODEMO; PRIMAVESI, 2009).

As diferentes tipologias acerca da vegetação urbana são frequentemente utilizadas, entretanto, os elementos a que cada uma se refere são distintos e por muitas vezes tais tipologias são empregadas como sinônimos (BARGOS; MATIAS, 2011). Paiva e

Gonçalves, (2002) diferenciam a arborização urbana da floresta urbana tendo o agrupamento das árvores como critério, em que as árvores isoladas compõem a arborização e as árvores agrupadas compõem a floresta urbana, sem considerar o porte das árvores. Por outro lado, Melo e Romanini, (2007) e Duarte et al., (2018) consideram a arborização urbana como os indivíduos de porte arbóreo presentes nas vias de uma cidade. As áreas verdes urbanas, por sua vez, podem conter apenas indivíduos arbóreos ou não, tendo como objetivo a melhoria na qualidade de vida da população, a recreação e a ornamentação do local, como praças, terrenos baldios, parques, cemitérios e hortas (MACIEL; BARBOSA, 2015).

A arborização do meio urbano não se trata apenas de plantar uma árvore pela sua exuberância, o plantio de espécies arbóreas nas cidades requer planejamento para que as mesmas cumpram com o seu objetivo de provedoras de serviços ecossistêmicos (DUARTE et al., 2018; MILANO, 1984).

Segundo Biondi e Althaus, (2005, p. 3), o planejamento da arborização urbana se trata de “escolher a árvore certa para o lugar certo sem se perder nos objetivos do planejador e nem atropelar as funções ou o papel que as árvores desempenham no meio urbano”. Em conjunto com o planejamento da arborização, é necessário o planejamento da urbanização, o qual evita vias não projetadas para plantio, calçadas estreitas e fiação elétrica conflitante e objetiva uma melhoria na qualidade ambiental, devendo-se priorizar por áreas mais carentes com o intuito de promover a igualdade de acesso à arborização urbana e seus serviços ecossistêmicos entre todas as camadas da sociedade (DUARTE et al., 2018).

Tendo em vista a complexidade da escolha das espécies, o planejamento da arborização urbana deve considerar as características da cidade, para que as árvores possam se desenvolver de forma coerente com o espaço disponível (BASSO; CORRÊA, 2014; MELO; ROMANINI, 2007). Os critérios técnico-científicos a serem utilizados na escolha das espécies devem ter como cerne as condições ambientais e as características fisiológicas e morfológicas dos vegetais (MILANO, 1984) para que nas fases de curto, médio e longo prazo a arborização seja bem estabelecida (BIONDI; ALTHAUS, 2005).

Verifica-se, portanto, que há uma grande necessidade da gestão da arborização urbana das cidades, visto que a falta de planejamento da arborização gera conflitos com as estruturas urbanas, o que consequentemente acarreta um maior custo com manutenção e reparo dessas estruturas, levando ainda à perda do patrimônio arbóreo da cidade (LIMA NETO, 2014). Os inventários florestais urbanos permitem o conhecimento da florística local,

servindo como base para a gestão das árvores urbanas (LIMA NETO, 2014; SILVA; PAIVA; GONÇALVES, 2007).

3.2.Árvores Urbanas e Serviços Ecossistêmicos

De acordo com a Avaliação do Milênio dos Ecossistemas (2005), os serviços ecossistêmicos são os benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas, os quais são divididos em 4 (quatro) categorias: serviços de provisão, serviços de regulação, serviços culturais e serviços de suporte. Os serviços de provisão são os produtos obtidos a partir dos ecossistemas, como água potável, combustível, alimentos e recursos genéticos; os serviços de regulação estão relacionados aos benefícios providos da regulação dos processos ecossistêmicos, como a manutenção da qualidade do ar, a regulação do clima, a regulação da água, a regulação de doenças e a polinização; os serviços culturais são benefícios não materiais fornecidos pelos ecossistemas para as pessoas, como a diversidade cultura, os valores espirituais e religiosos, os valores educacionais, as relações sociais, além da recreação e o ecoturismo; por fim, os serviços de suporte são a base para a existência de todos os outros serviços, como a produção do oxigênio atmosférico, o ciclo da água, a ciclagem dos nutrientes e a formação do solo (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005).

Florestas urbanas atuam como fornecedoras dos serviços ecossistêmicos para a população das cidades. Nessa perspectiva, alguns serviços são considerados como mais expressivos em ambientes urbanos, como a filtragem do ar, a regulação do microclima, a redução de ruídos, a drenagem da água, o tratamento de esgoto, o controle da erosão (BOLUND; HUNHAMMAR, 1999), bem como a redução no consumo de energia (TOLFFO, 2015). Além disso, a arborização urbana fornece abrigo e alimento diversificado para biodiversidade faunística (BRUN; LINK; BRUN, 2007). A árvores urbanas atuam diretamente no ciclo hidrológico elevando a umidade relativa e a recarga do lençol freático (SILVA; PAIVA; GONÇALVES, 2007).

É fundamental salientar que uma única árvore não consegue desempenhar tais funções de forma satisfatória, isto é, apenas um grupamento de indivíduos tem o potencial de prover uma vasta sombra, proteger o solo, viabilizar infiltração de água, reduzir o escoamento superficial e possibilitar alterações expressivas no clima para melhorar a qualidade de vida de uma população urbana (PAIVA; GONÇALVES, 2002).

3.2.1. Intercepção de Águas Pluviais e Árvores Urbanas

As árvores urbanas possuem a capacidade de interceptar a água da chuva por meio de suas folhas, galhos superficiais e troncos, retardando o pico de vazão e reduzindo o escoamento superficial (NICODEMO; PRIMAVESI, 2009). A água da chuva interceptada é estocada temporariamente nas folhas e nas cascas do tronco da árvore que escorre e infiltra-se no solo ou evapora (XIAO et al., 1998). Ao promover essa interceptação, as árvores auxiliam na mitigação de enchentes em áreas de maior impermeabilização, evitam a erosão do solo e contribuem na infiltração da água em direção ao subsolo ou lençol freático (TOLFFO, 2015).

A distribuição da água no solo é diretamente interferida pela interceptação das águas pluviais das árvores urbanas, o que pode auxiliar na atenuação da pressão nos sistemas urbanos de drenagem (ALVES, 2015). Dessa forma, implica-se que a arborização seja melhor estudada em associação às estruturas urbanas na mitigação dos efeitos dos extremos climáticos, nesse caso as fortes chuvas. Os estudos de Asadian e Weiler, (2009) sugerem que árvores em ambientes urbanos possuem uma maior capacidade de interceptação quando comparado a áreas florestadas.

É importante destacar que a escolha das espécies a serem utilizadas deve ser feita de forma cautelosa. Espécies arbóreas plantadas de forma errônea podem apresentar conflitos com fiação, placas de sinalização, calçadas e ainda com redes de esgoto e água (PAIVA; GONÇALVES, 2002; RIBEIRO, 2009). Árvores de grande porte como a sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides* Benth) e a tipuana (*Tipuana tipu* (Benth.) Kuntze) que estão amplamente presentes na arborização urbana da região Sul e Sudeste do país, conseguem interceptar cerca de 60% da água que cai sobre sua copa (SILVA et al., 2008, 2009). Xiao e Mcpherson, (2003) destacam que árvores perenes e de grande porte possuem maior taxa de interceptação e este benefício pode ser ainda maior se o indivíduo estiver plantado em local adequado para seu crescimento e desenvolvimento.

3.2.2. Escoamento Superficial e Árvores Urbanas

O processo de urbanização e ocupação desordenada do território podem causar sérios danos ao solo, como a compactação que diminui a porosidade do solo influenciando na

infiltração da água e no aumento do escoamento superficial (PEDRON et al., 2004). Segundo os autores, este processo aumenta o pico de vazão, uma vez que maiores volumes de águas pluviais escoam mais rapidamente para os cursos d'água. Além da compactação, os mesmos autores citam que este processo desordenado pode intensificar outras alterações morfológicas no solo, como a erosão, o carreamento de substâncias tóxicas, disseminação de doenças e o deslizamento de encostas.

O escoamento superficial é um processo hidrológico com fluxo longitudinal em direção aos gradientes da superfície, ou seja, é a porção de água da chuva que não se infiltra e escorre pelo solo (TUCCI; CLARKE, 1997). As copas das árvores servem como protetores do solo ao interceptar a água da chuva, reduzir o impacto das gotas e evitar a desagregação das partículas do solo, controlando assim a erosão e facilitando a infiltração por conta da camada orgânica que se forma no solo (RODRIGUES *et al.*, 2015). Após infiltrar-se, a água pode percolar para os reservatórios subterrâneos, abastecendo estes aquíferos e evitando que partículas de metais pesados e outros poluentes escoem pelo solo (FAZIO, 2010). Na contenção de enchentes e deslizamentos, a presença de árvores confere estabilidade ao solo, devido à fixação das raízes no mesmo (SANTOS; LISBOA; CARVALHO, 2012).

De acordo com Berland et al., (2017), associar as árvores com o controle do escoamento superficial é uma alternativa de redução de custos com estruturas de drenagem que são sobrecarregadas em eventos de fortes chuvas e não conseguem conter tal volume apropriadamente. Alves e Formiga, (2019) evidenciam a importância da associação de áreas permeáveis/semipermeáveis à presença de copa, pois as árvores podem reduzir até 100% do escoamento, dependendo da intensidade e da duração do evento pluvial. Dessa forma, segundo os mesmos autores, as árvores urbanas podem desempenhar o papel de amenizar os picos de vazão.

Os estudos de Melo e Meunier, (2017) mostraram que em um período de 29 anos a arborização viária em 5 (bairros) da cidade do Recife houve uma redução de 8,37% do número de árvores. Os mesmos autores inferem que esta diminuição ocorreu por conta do crescimento populacional e imobiliário. A erosão do solo e o desmatamento, devido à forte ocupação que vem ocorrendo nas encostas de morro e várzeas, junto ao aumento na impermeabilização do solo, resultante de ações antrópicas de uso e ocupação do solo, contribuem para o aumento progressivo do escoamento superficial e, consequentemente, das enchentes (ALVES, 2015). As águas pluviais que antes seriam drenadas de forma naturalmente transbordam as estruturas de drenagem que não conseguem escoar tamanho

volume em curtos espaços de tempo como são comuns em cidades tropicais (SILVA et al., 2009).

3.3. Potencial das Árvores Urbanas na Regulação Hídrica

Ao longo do tempo, diversos estudos vêm sendo realizados com o objetivo de mensurar taxas de interceptação e escoamento superficial evitado pelas árvores urbanas. Rodrigues et al., (2015), ao simular três eventos de precipitação, constataram baixos coeficientes de escoamento superficial em solo vegetado e altos coeficientes em solo exposto e área impermeabilizada, demonstrando a eficiência da copa das árvores na retenção da água da chuva e viabilização da infiltração da água no solo. Alves e Formiga, (2019), por sua vez, constataram variações nas taxas de interceptação ao estudarem o comportamento de três espécies arbóreas em meio urbano. Segundo os mesmos, as variações decorreram da morfologia distinta de cada indivíduo, principalmente em relação à casca do tronco e à copa, o que corrobora com a necessidade do conhecimento acerca dos diferentes potenciais de interceptação entre espécies. Bem como os autores anteriores, Silva et al., (2008) estudaram a capacidade de interceptação de duas espécies arbóreas presentes no meio urbano. Utilizando uma metodologia diferenciada com uma estrutura de madeira, canos de PVC, um medidor de chuva e um registrador de dados, Asadian e Weiler, (2009) estudaram a interceptação de águas pluviais por meio de 6 (seis) coníferas durante o período de 1 (um) ano em British Columbia, Canadá.

Silva e Santos, (2018) avaliaram o potencial de interceptação da água da chuva de 3 (três) indivíduos no município de Caieiras - SP. Por meio deste estudo, os autores obtiveram resultados satisfatórios e sugerem um estudo ampliado tanto no número de indivíduos e consequentemente uma maior área, quanto no período de análise para maiores afirmações acerca da problemática. A literatura brasileira acerca da interceptação de águas pluviais ainda se mostra tímida, limitando-se ao estudo de poucos indivíduos e espécies na área urbana, embora ainda sejam de grande relevância. No cenário internacional, Wang; Endreny e Nowak, (2008); Xiao et al., (1998); Xiao; Mcpherson, (2002) averiguaram o potencial de interceptação da água de precipitação da floresta urbana em áreas de maior extensão, como das cidades de Sacramento e Santa Monica na Califórnia nos dois primeiros estudos citados. Esse levantamento reforça a necessidade de um estudo mais amplo acerca deste potencial pela arborização de cidades brasileiras.

Alves; Formiga e Traldi (2018) salientam a importância das plataformas computacionais acerca da interceptação da água pelas copas e enfatizam a necessidade de uma boa compreensão sobre a influência das árvores na drenagem urbana em tais simulações. Com o objetivo de valorar os serviços ecossistêmicos do Parque do Ibirapuera em São Paulo, Tolffo, (2015) utilizou o programa *i-Tree Eco* para o processamento dos dados do parque. O mesmo programa possui também a funcionalidade de mensurar a taxa de interceptação de águas pluviais e escoamento superficial evitado por árvores urbanas (I-TREE, 2019a). Com base nessa observação, visualizou-se o potencial do programa para o estudo das árvores urbanas de cidades no Brasil, como na cidade do Recife, por exemplo, que apresenta problemas com alagamentos em eventos de chuvas.

4. MATERIAL E MÉTODOS

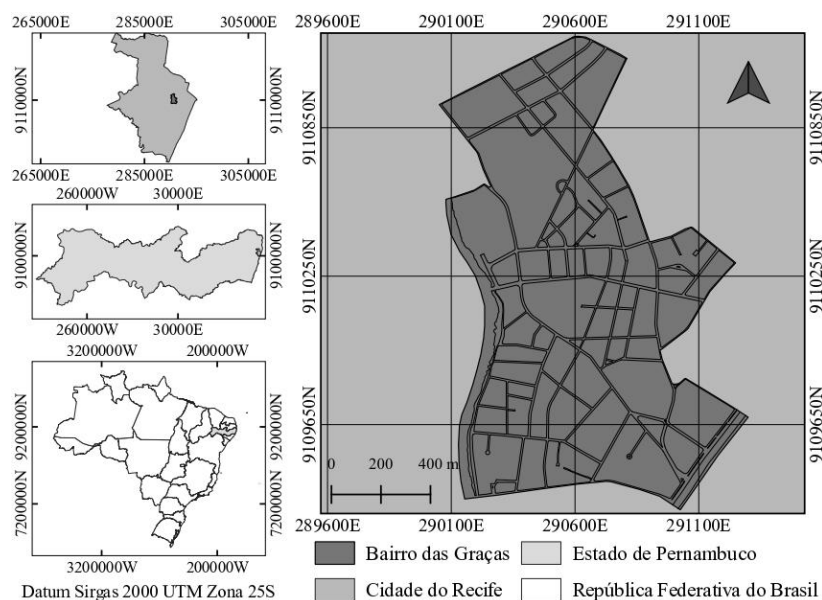
4.1. Caracterização da Área de Estudo

Este estudo foi realizado no bairro das Graças que está situado na cidade do Recife, capital de Pernambuco, localizada entre as coordenadas 8° 04' 03''S e 34° 55' 00''O. A cidade compreende uma área de 217,01 km² dividida em 94 bairros divididos em 6 (seis) Regiões Político-Administrativas (RPAs), altitude de 4 m acima do mar e mais de 1,6 milhões de habitantes (RECIFE, 2019a).

Com um clima do tipo *As'*, de acordo com a Classificação Climática de Köppen-Geiger (MEDEIROS et al., 2018), Recife é caracterizada por um clima tropical úmido com estação seca no verão e chuvas no inverno. A temperatura média anual da cidade é de 25,9°C, com temperaturas mínimas e máximas em torno de 20°C e 30°C, respectivamente. A precipitação acumulada anualmente é de 2263,4 mm, aproximadamente e maiores índices de chuva no período de maio a agosto (INMET, 2018).

O bairro das Graças está localizado na RPA 3, possui 144 hectares de extensão, 20.538 habitantes e densidade demográfica de 143,08 habitantes por hectare (Figura 1). O bairro possui 7.015 domicílios, com aproximadamente 2,9 moradores cada e rendimento nominal médio mensal de R\$ 9.484,01 por domicílio. Cerca de 52% da população do bairro se encontra na faixa etária de 25 a 59 anos (RECIFE, 2019b).

Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo.



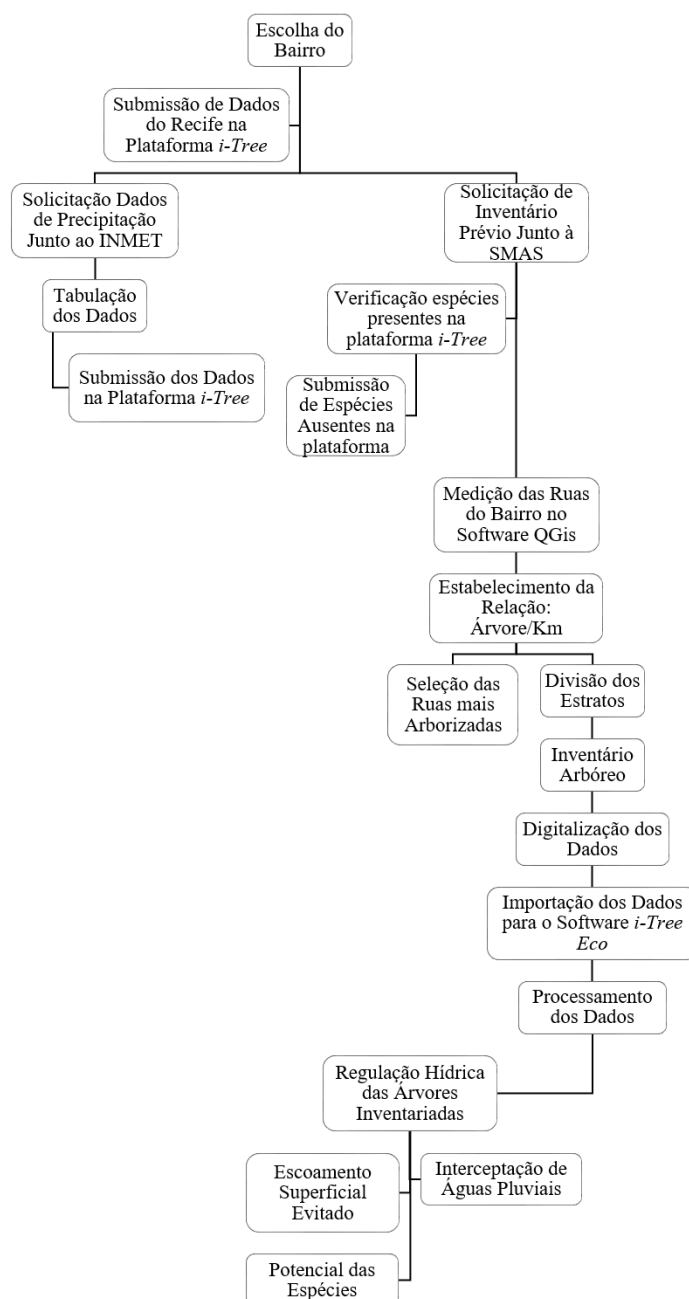
Fonte: A autora, (2019)

Este bairro foi escolhido por possuir uma vasta arborização em suas ruas, o que viabilizou atingir os objetivos deste trabalho. Atrelado a isso, a disponibilidade de dados também motivou a escolha da área de estudo.

4.2. Procedimentos Metodológicos

Os procedimentos metodológicos seguiram a sequência descrita no fluxograma da Figura 2.

Figura 2 - Fluxograma com as etapas dos procedimentos metodológicos.



4.2.1. Inventário Arbóreo

Para a realização do inventário arbóreo, tomou-se como base um inventário arbóreo realizado previamente para a Prefeitura do Recife, o qual foi cedido pela mesma para a realização deste trabalho. Com posse dos dados, as ruas do bairro foram classificadas de acordo com a quantidade de indivíduos por quilômetro. Foram selecionadas ruas com maior quilometragem arborizada até atingir o percentual de 10% do total de indivíduos do bairro, conforme recomendado por (SILVA; PAIVA; GONÇALVES, 2007). No total, 4 (quatro) ruas foram selecionadas para realização do inventário: Rua Aníbal Falcão, Rua da Amizade, Rua Xavier Marques e Rua Confederação do Equador. Foram inventariados 137 indivíduos no total.

Em campo, foi utilizada uma planilha modelo disponibilizada pela plataforma *i-Tree*. Na planilha foram registrados diversos dados sobre os indivíduos como espécie, endereço, uso da terra, diâmetro à altura do peito (DBH), saúde da copa, altura total da árvore, altura do total de copa viva, altura da base da copa, comprimento da copa, porcentagem de copa ausente, exposição da copa à luminosidade, identificação de espécies, recomendações de manutenção, conflitos com elementos urbanos, além de coordenadas obtidas com GPS. A planilha final apresentou-se conforme o anexo A.

De acordo com as especificações o programa *iTree Eco*, os dados do inventário poderiam ser coletados em *Plots*, que seriam em parcelas amostrais, ou em forma de inventário completo, que foi a forma escolhida para realização deste estudo. O método escolhido permite o programa analise os serviços ecossistêmicos providos por cada árvore, ou seja, cada árvore foi considerada como uma unidade amostral. Este método permite a divisão da área em estratos e no caso deste trabalho, cada rua foi classificada como um estrato e numerada de acordo com a quantidade de indivíduos por quilômetro em ordem decrescente (Tabela 1).

Tabela 1 - Classificação das ruas para realização do inventário arbóreo.

Ruas	Comp. (km)	Árvores	Árvores/Km	Estrato
Rua Aníbal Falcão	0.20	35	172	1
Rua da Amizade	0.29	41	139	2
Rua Xavier Marques	0.31	38	121	3
Rua Confederação do Equador	0.20	23	117	4

Uma vez selecionadas as ruas, foi-se a campo para realização da mensuração dendrométrica das unidades amostrais. Para as medições, foram utilizados clinômetro Haglof modelo ECII, GPS Garmin modelo eTrex 10, trena, bússola Silva modelo 515 Ranger, fita métrica e câmera fotográfica. As medições foram realizadas nos dois lados da rua e os azimutes foram também registrados para orientar futuras mensurações.

4.2.2. Processamento de Dados

A plataforma americana *i-Tree* é composta por diversas ferramentas que possuem como principal objetivo de quantificar benefícios e valorar os serviços ecossistêmicos de árvores urbanas. A condução de projetos internacionais na plataforma e suas ferramentas requer procedimentos diferenciados como a submissão de dados provenientes do local ao qual se deseja trabalhar para que o modelo obtenha resultados coerentes com o local.

Posto isto, previamente ao inventário, foram submetidos dados referentes à cidade do Recife e precipitação anual da cidade na plataforma *iTree* (online). Os dados foram inseridos na ferramenta *iTree Database*, que se trata de um banco de dados que armazena dados referentes aos locais, espécies e parâmetros que se deseja trabalhar nas ferramentas desejadas da plataforma (I-TREE, 2019b). Para a inserção de locais no banco de dados foram submetidas informações como Continente, Nação, Estado, Cidade, Zona, Moeda, Coordenadas Geográficas, Altitude, Clima, Emissões Elétricas (kg CO₂/kWh), Temperatura Mínima Média, Fuso Horário, além de perguntas sobre temperaturas mais quentes, vegetação, existência de períodos de neve, chuvas abundantes e estado da camada de ozônio no local. Alguns campos como Clima e Estado da Camada de Ozônio tiveram que ser adaptados de acordo com características de Estados americanos. Os dados horários de precipitação para submissão foram disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Baseando-se no inventário prévio, foi feita uma comparação entre as espécies encontradas no bairro e as espécies presentes no *i-Tree Database*. Algumas espécies não estavam incluídas ferramenta, portanto essas espécies foram submetidas para serem utilizadas posteriormente no processamento dos dados. Na submissão de espécies, é necessário o preenchimento dos seguintes campos: Gênero, Epíteto Específico, Família, Ordem, Classe, Nome Popular (de preferência em inglês), Forma de Crescimento, Densidade

da Folha, Tipo da Folha, Taxa de Crescimento (opcional), Longevidade (opcional), Longevidade (opcional), Altura na Maturidade (opcional) e Continente Nativo (opcional). Procurou-se preencher todos os campos, incluindo todos os opcionais, para uma maior acurácia nos resultados. A página de preenchimento encontra-se no anexo B.

Embora este trabalho considere todos os indivíduos como árvores, é importante ressaltar que palmeiras foram também incluídas no estudo embora apresentem características botânicas distintas dos indivíduos arbóreos. Esta decisão foi tomada pois o programa utilizado analisa cada indivíduo de acordo com suas características individuais.

O programa *iTree Eco* v6, por sua vez, possui a funcionalidade de estimar a estrutura da floresta urbana, redução de poluentes, impactos na saúde pública, estoque de carbono, previsões de crescimento florestal e serviços ecossistêmicos, bio-emissões, valoração e impacto de pragas na floresta urbana (I-TREE, 2019a). Após cerca de 3 (três) meses, as informações armazenadas no *iTree Database* (Local, Precipitação e Espécies) foram disponibilizadas na versão atualizada do programa (*iTree Eco* versão 6.1.30), permitindo assim o processamento de todos os dados em conjunto. Os dados do inventário arbóreo foram manipulados na ferramenta Microsoft Excel e adequados à planilha modelo para importação para o programa. Os dados foram importados para o programa e enviados para processamento. Feito isso, o programa gerou relatórios com as informações desejadas.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Validação do Programa *i-Tree Eco v6*

O programa apresenta uma interface intuitiva, apesar de forçar o encerramento quando algum passo é realizado de forma errônea. A plataforma, embora limite algumas funções para projetos internacionais, tem o benefício de ser totalmente gratuita e ainda disponibilizar inúmeros manuais acessíveis em seu *website*.

Conforme verificado por Tolffo, (2015), existe a necessidade de estabelecimento de referências nacionais ou regionais para precificação dos serviços ecossistêmicos, para que a plataforma *i-Tree* possa ser difundida como método de valoração desses serviços no Brasil. Segundo o mesmo autor, o programa se demonstra versátil e aplicável nas cidades brasileiras, embora apresentem vastas variações.

Segundo Nowak et al., (2008), a plataforma *i-Tree* utiliza o modelo UFORE (Urban Forest Effects), que em português significa Efeitos da Floresta Urbana. O autor enfatiza que apesar das limitações dos algoritmos do modelo, a acurácia dos resultados depende da acurácia da coleta de dados em campo. Neste estudo, desde a fase de planejamento e estudo da plataforma procurou-se realizar mensurações de forma precisa e com um número satisfatório de indivíduos, de forma a reduzir a margem de erro dos resultados.

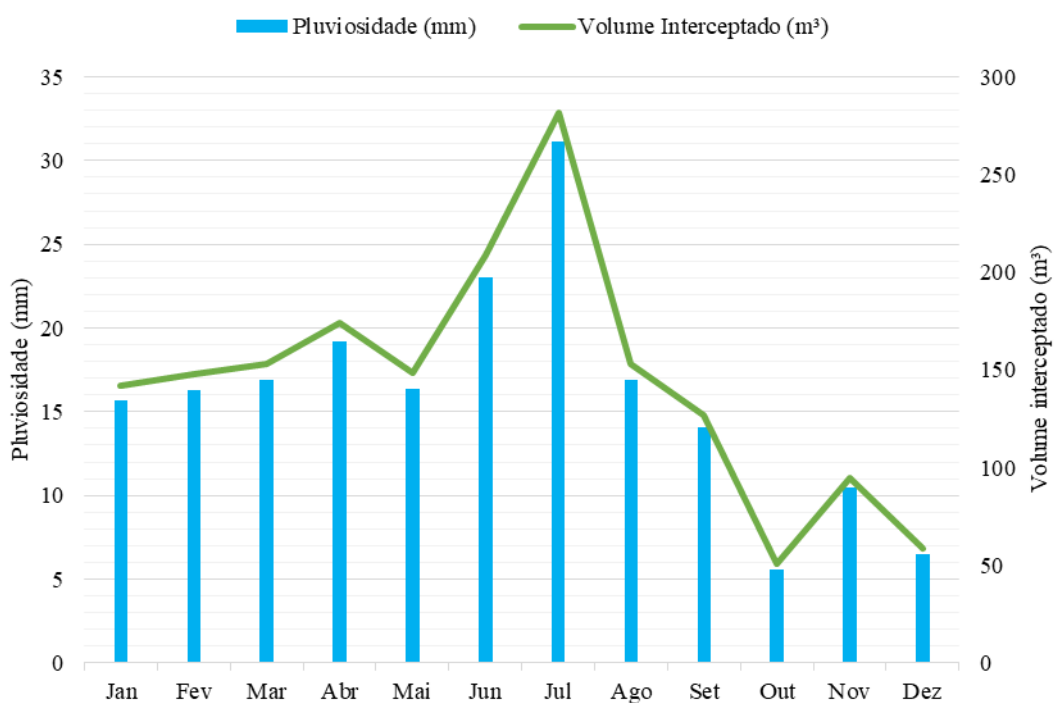
É recomendado que ao planejar o processamento de dados com o programa *i-Tree Eco* seja feita uma vistoria na área desejada para que se possa identificar as espécies e o tipo de inventário a ser feito. Dessa forma, tem-se a possibilidade de submeter previamente as espécies na plataforma *i-Tree* para então utilizá-las adequadamente no processamento de dados e reduzir eventualidades que tanto podem prolongar o processo quanto diminuir a acurácia do projeto. É importante destacar que foi verificado somente na fase final deste trabalho que em inventários completos inseridos no programa *i-Tree Eco*, o modelo considera que a área se encontra completamente vegetada, ou seja, com solo permeável (HIRABAYASHI, 2013a). Isso quer dizer que o valor resultante de escoamento superficial evitado é, na verdade, a diferença entre o volume de chuva e a água infiltrada. Sugere-se, portanto, que os próximos estudos em áreas urbanas utilizem o inventário em amostras.

5.2. Intercepção de Águas Pluviais

Os resultados do programa mostraram que no ano de 2016 a área foliar de 24.175,5 m² dos 137 indivíduos estudados interceptaram o total de 1.739,8 m³ de água da chuva. Isso quer dizer que a água foi impedida de atingir diretamente o solo e causar um possível escoamento superficial e suas consequências como erosão e inundações. O gráfico 1 ilustra a distribuição das chuvas no ano (2016) e a taxa de água interceptada pelas árvores.

As barras em azul representam a pluviosidade, em milímetro (mm), ocorrida em cada mês do ano de 2016 e a linha em verde representa as taxas de interceptação, em metro cúbico (m³), promovidas pelas árvores no mesmo ano. Os valores de pluviosidade variaram entre 5,5988 mm e 31,1019 (mm) correspondentes aos meses de outubro e julho, respectivamente. O volume de água interceptado, por sua vez, teve seu valor mínimo também no mês de outubro de 50,7 m³ e valor máximo em julho de 281,66 m³.

Gráfico 1 - Distribuição das chuvas e volume de água interceptado pelos indivíduos na área estudada.



Fonte: A autora, (2019)

Em um diferente cenário de agrupamento arbóreo, Tolffo, (2015) verificou com o mesmo programa que as árvores do Parque Ibirapuera em São Paulo, com área foliar de 818.405 m², interceptaram um total de 5.226,26 m³ de águas pluviais no ano 2008.

Hilde e Paterson, (2014) verificaram que a interceptação de águas pluviais se apresentava como o segundo maior serviço ecossistêmico das árvores urbanas na cidade de Hutto no Texas. Para tal constatação, os autores utilizaram o programa *i-Tree Streets*, também da plataforma *i-Tree*, que mensura os benefícios anuais em valores monetários de cada árvore estudada. Além disso, o programa estima os valores a serem gastos com manutenções, plantios, podas, irrigação, controle de pragas, limpeza de folhas na calçada, entre outros custos. Utilizando este mesmo programa, *i-Tree Streets*, e modelos de regressões quadráticas, Berland e Hopton, (2014) observaram que 2.997 árvores conseguiram interceptar o total de 20.079,9 m³ de águas pluviais em Cincinnati, Ohio.

Nos eventos pluviais de menor duração e intensidade, a interceptação se mostra mais eficiente em comparação às fortes e longas tempestades (ALVES; FORMIGA; TRALDI, 2018; XIAO et al., 1998). Segundo Xiao et al., (1998), precisamente nos eventos curtos e menos intensos, há um maior carreamento de poluentes pela água. Sendo assim, as árvores atuam eficientemente como filtros com a retenção da água. Xiao e McPherson, (2002) utilizaram em seus estudos o modelo proposto por Xiao et al., (1998) e constataram que 29.229 árvores públicas da cidade de Santa Monica, na Califórnia tinham potencial de interceptar 193.168 m³ de água pluvial em um ano.

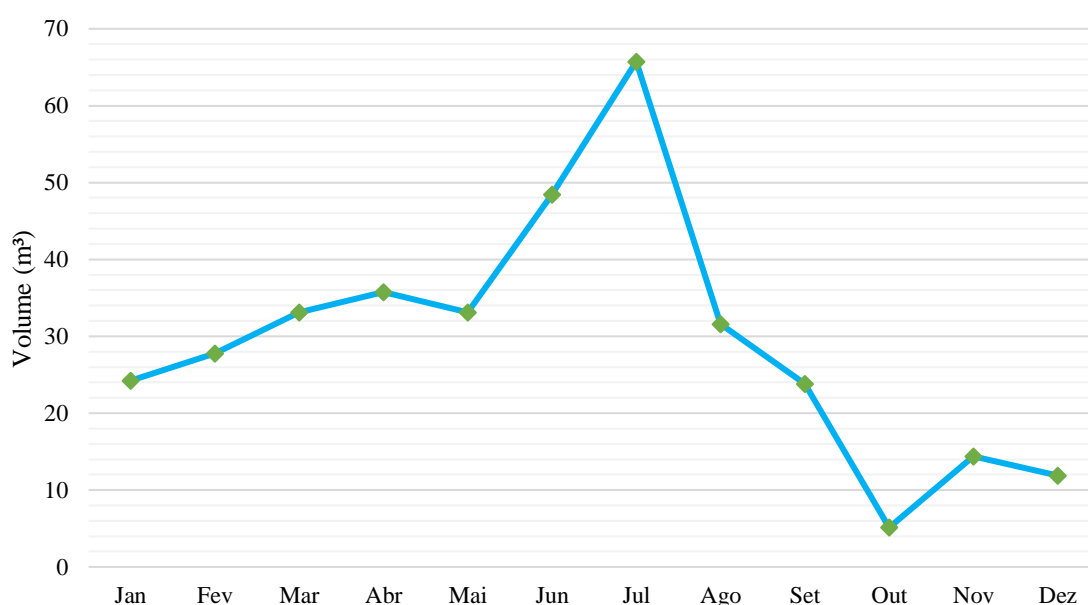
Tendo em vista que o programa *i-Tree Streets* baseia-se no modelo proposto por Xiao et al., (1998), é importante destacar que há diferenças na geração de resultados entre o mesmo e o programa *i-Tree Eco*, sendo a principal delas o resultado isolado por indivíduo de escoamento superficial anual evitado (HIRABAYASHI, 2013b). Segundo o mesmo autor, apenas o *i-Tree Eco* possui a funcionalidade de isolar os dados, o que confere ao resultado final informações mais condizentes com a realidade.

5.3. Escoamento Superficial Evitado

No ano de 2016, a presença dos 137 indivíduos distribuídos nas 4 (quatro) ruas estudadas evitou um volume total de 355,1 m³ de escoamento superficial de águas pluviais. O gráfico 2 apresenta as variações no volume de escoamento superficial evitado pelos indivíduos estudados, em que a linha azul representa essa variação de um mês para outro.

Assim como nos dados de interceptação, o menor volume apresentou-se no mês de outubro (5,1266 m³) e o maior volume no mês de julho (65,7420 m³). O volume máximo coincide com o período de índices máximos pluviais na cidade do Recife, de maio a agosto. O formato dos dados resultado pelo programa não possibilita a geração de uma correlação entre a intensidade e duração do evento pluvial com as taxas de interceptação e escoamento evitado, logo, impossibilita uma melhor interpretação de cada evento.

Gráfico 2 - Escoamento superficial evitado por conta da presença dos indivíduos arbóreos em 4 (quatro) ruas no Bairro das Graças em Recife - PE.



Fonte: A autora, (2019)

Em um evento pluvial de 57 horas de duração, as árvores públicas de Santa Mônica, na Califórnia, EUA, conseguiram evitar um escoamento de 12.159 m³ de água (XIAO; MCPHERSON, 2002). Por outro lado, Xiao et al., (1998) relata que conforme a intensidade da tempestade aumenta, a efetividade das árvores como controladoras do escoamento superficial diminui. Este fato ocorre devido à saturação dos vegetais nesses grandes eventos chuvosos e dessa forma, não poderiam ser consideradas como um grande auxiliador no controle de enchentes, de acordo com o autor.

Ainda que existam sistemas construídos de canalização, de galerias e drenagem na área urbana e a arborização urbana não seja o principal solucionador dos alagamentos e

enchentes, os resultados comprovam que as árvores possuem uma boa parcela de contribuição na interceptação da água da chuva, evitando o escoamento superficial.

5.4. Potencial de Regulação Hídrica das Espécies Arbóreas

Nas 4 (quatro) ruas estudadas, verificou-se que a composição florística é composta por 137 indivíduos de 30 diferentes espécies distribuídas em 29 gêneros e pertencentes a 22 famílias botânicas (Tabela 2). A identificação das espécies foi feita segundo o segundo APG III (2009) e APG IV (BYNG et al., 2016).

Tabela 2 - Espécies encontradas nas 4 (quatro) ruas estudadas no Bairro das Graças em Recife - PE.

Família/Nome Científico	Nome Comum	Origem	FR (%)
ACANTHACEAE			
<i>Graptophyllum pictum</i>	Graptofilo	Exótica	0,73
ANACARDIACEAE			
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Pau-pombo	Nativa	0,73
ANNONACEAE			
<i>Annona squamosa</i>	Pinha	Exótica	0,73
APOCYNACEAE			
<i>Plumeria pudica</i> Jacq.	Buquê de noiva	Exótica	4,38
ARECACEAE			
<i>Roystonea oleracea</i> (Jacq.) O. F. Cook	Palmeira imperial	Exótica	3,65
<i>Euterpe oleracea</i> Mart.	Palmeira açai	Nativa	0,73
BIGNONIACEAE			
<i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos	Ipê-rosa	Nativa	5,11
<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth	Ipêzinho	Exótica	2,92
<i>Handroanthus albus</i> (Cham.) Mattos	Ipê-amarelo	Nativa	0,73
<i>Spathodea campanulata</i> P. Beauv	Espatodea	Exótica	0,73
BIXACEAE			
<i>Bixa orellana</i> L.	Urucum	Nativa	1,46
CHRYSOBALANACEAE			
<i>Licania tomentosa</i> (Benth.) Fritsch	Oitizeiro	Nativa	21,17
COMBRETACEAE			
<i>Terminalia catappa</i>	Castanhola	Exótica	9,49
EUPHORBIACEAE			
<i>Jatropha gossypifolia</i>	Pinhão roxo	Nativa	0,73
Continuação			

Tabela 2 - Espécies encontradas nas 4 (quatro) ruas estudadas no Bairro das Graças em Recife - PE.

Família/Nome Científico	Nome Comum	Origem	FR (%)
FABACEAE			
<i>Senna siamea</i> (Lam) H. S. Irwin & Barneby	Acácia amarela	Exótica	11,68
<i>Bauhinia forficata</i> Link.	Pata de vaca	Nativa	5,84
<i>Clitoria fairchildiana</i> R. A. Howard	Sombreiro	Exótica	2,19
<i>Caesalpinia peltophoroides</i> Benth.	Sibipiruna	Nativa	2,19
<i>Paubrasilia echinata</i> Lam.	Pau-brasil	Nativa	0,73
LYTHRACEAE			
<i>Lagerstroemia speciosa</i> (L.) Pers.	Resedá gigante	Exótica	3,65
MALPIGHIACEAE			
<i>Byrsonima sericea</i>	Murici	Nativa	0,73
MALVACEAE			
<i>Eriotheca gracilipes</i> (K. Schum) A. Robyns	Paina do cerrado	Exótica	0,73
MELIACEAE			
<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.	Nim	Exótica	1,46
MORACEAE			
<i>Ficus benjamina</i> L.	Ficus	Exótica	2,92
MYRTACEAE			
<i>Syzygium malaccense</i> (L.) Merr. & L.M. Perry	Jambo	Exótica	0,73
<i>Eugenia uniflora</i> L.	Pitanga	Nativa	0,73
OXALIDACEAE			
<i>Averrhoa carambola</i> L.	Carambola	Exótica	0,73
RUBIACEAE			
<i>Mussaenda alicia</i>	Mussaenda	Exótica	1,46
RUTACEAE			
<i>Murraya paniculata</i> (L.) Jack	Jasmin laranja	Exótica	2,92
SAPINDACEAE			
<i>Filicium decipiens</i> (Wight & Arn.) Thwaites	Felício	Exótica	8,03

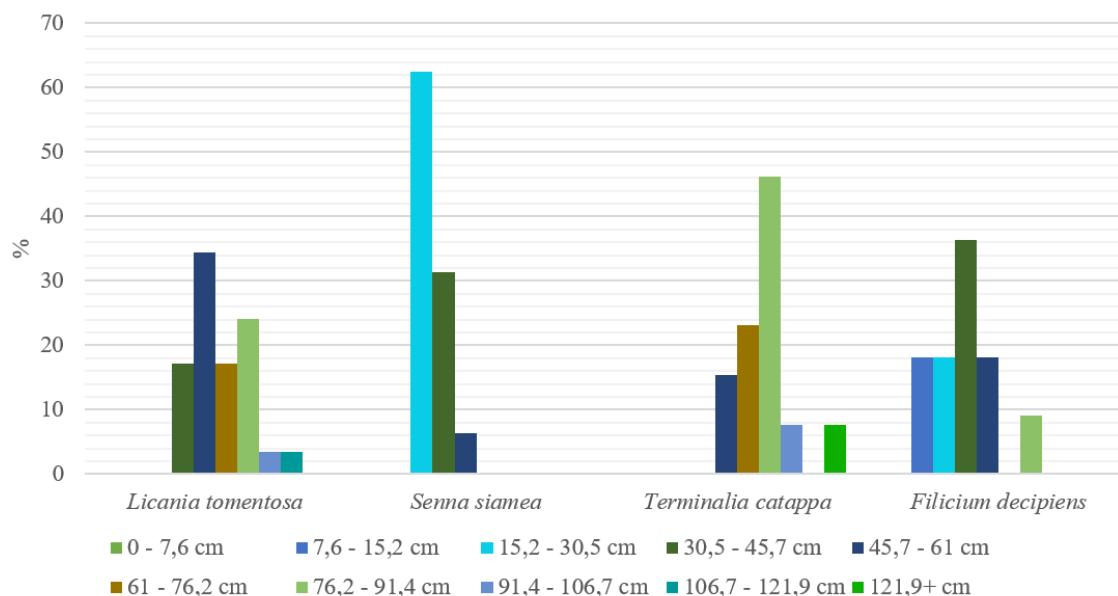
Fonte: A autora, (2019)

A espécie de maior ocorrência foi a *Licania tomentosa*, conhecida popularmente como oiti ou oitizeiro, com um total de 29 indivíduos (21,17%). A *Senna siamea* (acácia amarela) apresentou segunda maior ocorrência, com 16 indivíduos (11,68%), a terceira maior ocorrência foi da espécie *Terminalia cattapa*, conhecida como castanhola, com 13 indivíduos (9,49%) e em seguida a espécie *Filicium decipiens* com 11 indivíduos (8,03%). Constatou-se ainda que 60% dos indivíduos inventariados são de origem exótica. Foi

observado que o inventário no qual este estudo teve como base considerou espécies arbustivas como a *Graptophyllum pictum* e a *Jatropha gossypifolia*. Optou-se por incluí-las nas análises por serem indivíduos adultos e em condições saudáveis.

O gráfico 3 apresenta distribuição das espécies com ocorrência maior que 10 indivíduos na população dentre as classes de DAP. As barras do gráfico representam a porcentagem de indivíduos que se encontram nas classes de DAP, que foram divididas por cores. Percebe-se que mais de 30% dos indivíduos da espécie *L. tomentosa* estão incluídas na classe de 45,7 - 61 cm, enquanto mais de 60% dos indivíduos da espécie *S. siamea* apresentam DAP entre 15,2 e 30,5 cm. Por outro lado, apenas a espécie *T. catappa* apresentou indivíduos com DAP maior que 121,9 cm (7,7%). Os 15 (quinze) indivíduos que apresentaram maiores taxas de interceptação e escoamento superficial evitado estão distribuídos entre as espécies *T. catappa* (4 indivíduos), *L. tomentosa* (9 indivíduos), *S. malaccense* (1 indivíduo) e *A. carambola* (1 indivíduo).

Gráfico 3 - Distribuição das espécies por classe de DAP.

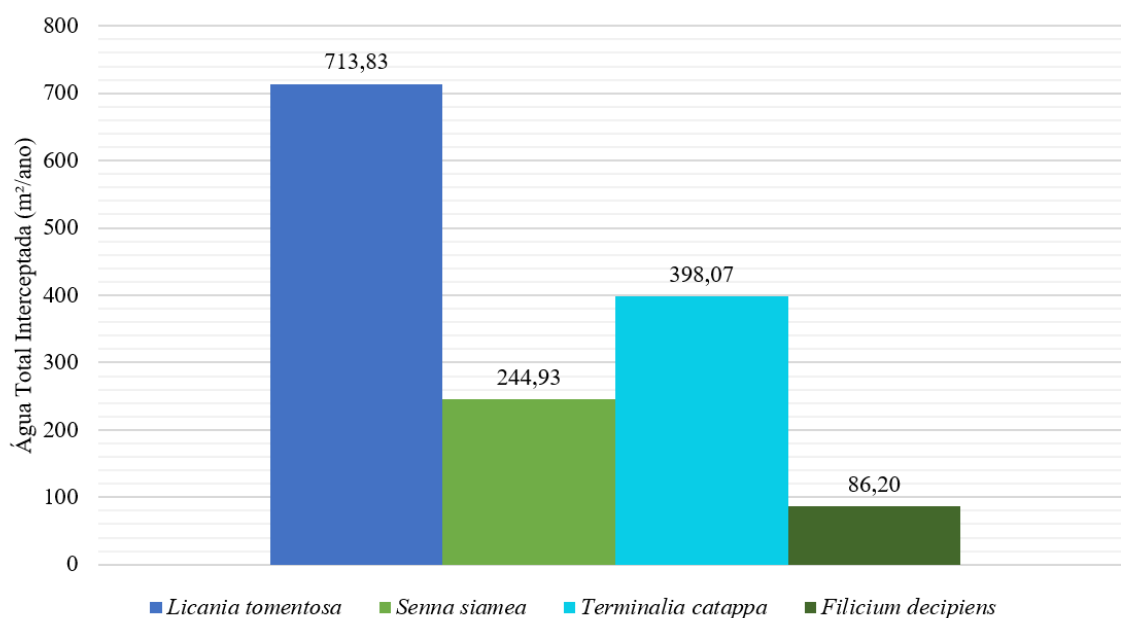


Fonte: A autora, (2019).

O gráfico 4 apresenta o volume total de água interceptada pelas espécies de maior frequência na população estudada. Os 29 indivíduos da espécie *L. tomentosa*, que compõem 9.919,0 m² de área foliar, interceptaram um volume médio de 26,61 m³/ano de água. Os 16 indivíduos da espécie *S. siamea* com 3.403,5 m² de área foliar, por sua vez, interceptaram

15,31 m³/ano de água. As espécies *T. catappa* e *F. decipiens* com seus 13 e 11 indivíduos que correspondem a 5.531,4 e 1.197,9 m² de área foliar, respectivamente, interceptaram uma média de 30,62 e 7,84 m³/ano de águas pluviais, nesta ordem.

Gráfico 4 - Intercepção total das espécies de maior frequência nas 4 (quatro) ruas estudadas.



Fonte: A autora, (2019)

Observa-se que embora a *L. tomentosa* tenha apresentado maior valor de interceptação total e maior área foliar, os indivíduos da espécie *T. catappa* apresentaram um valor médio de interceptação superior. Ao relacionar estes dados com o gráfico 3, constata-se que 84,7% das castanholas possuem DAP maior que 60 cm. Os oitis, por outro lado, apresentam apenas 48,1% de indivíduos com DAP maior que 60 cm. Essa relação demonstra que grandes medidas de DAP podem influenciar no potencial de interceptação de águas pluviais, entretanto, não podem ser avaliados isoladamente. Alves; Formiga e Traldi, (2018) verificaram que as espécies arbóreas com maior área foliar, copas frondosas e densas e cascas mais ásperas apresentaram maiores taxas de interceptação.

Excluindo-se valores pertencentes aos vegetais de porte arbustivo e mudas para uma comparação mais coerente, verificou-se que a *L. speciosa* foi a espécie com menor valor de interceptação total e média dos indivíduos, 3,43 m³/ano e 0,69 m³/ano, respectivamente. Em campo, foi observado que os indivíduos da mesma espécie se apresentavam distantes umas das outras e copas esparsas devido a podas executadas de forma incorreta (Figura 3).

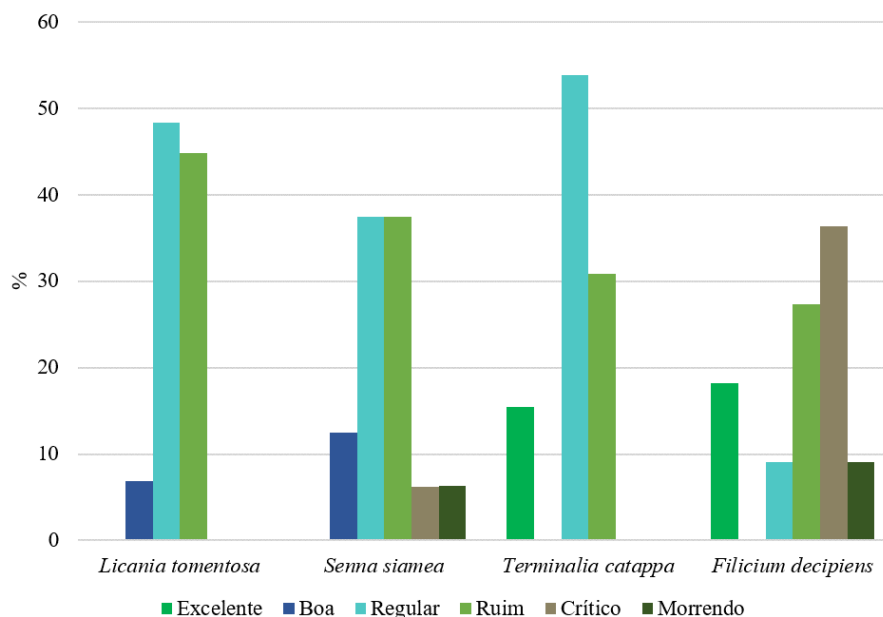
Figura 3 - Indivíduos da espécie *L. speciosa* na Rua Aníbal Falcão apresentando copas e localização esparsas.



Fonte: A autora, (2019)

Os relatórios do programa identificaram que as espécies de maior ocorrência na população, apesar de apresentarem as maiores taxas de interceptação e redução de escoamento, apresentavam boa parte de suas copas em condições fitossanitárias regulares, ruins e até mesmo em estado crítico ou morrendo (Gráfico 5). O gráfico apresenta as condições nas quais os indivíduos das espécies indicadas se encontravam. Por exemplo, quase metade dos oitis (48,3%) se encontravam em condições ruins, o que explica seu valor mais baixo de interceptação média. Essa condição foi bastante observada em campo, visto que grande parte das árvores da cidade do Recife apresentam pragas como cupim e presença de epífitas, além de podas realizadas de forma incorreta, abrindo espaço para incidência de patógenos. Considerando toda a população, 10,9% apresentava condição excelente, 16,8% condição boa, 37,2% condição regular, 26,3% condição ruim, 7,3% condição crítica e 1,3% morrendo.

Gráfico 5 - Condição fitossanitária da copa das espécies com maior frequência na área estudada.

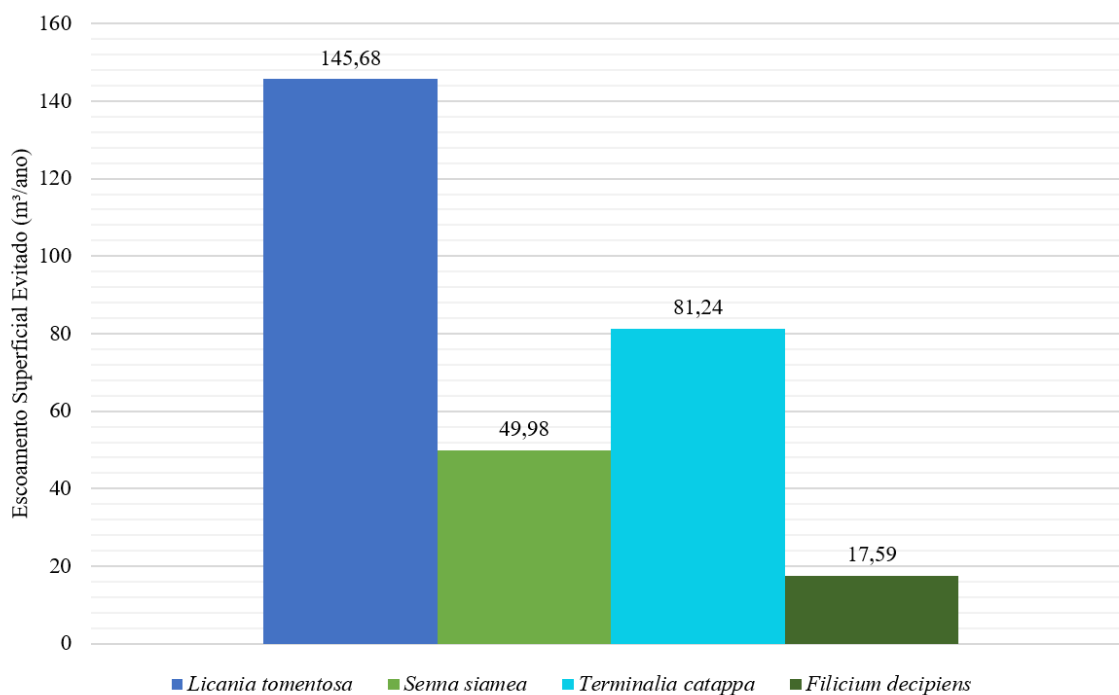


Fonte: A autora, (2019)

Das 30 espécies encontradas, 19 apresentaram baixos valores de interceptação e escoamento superficial, o que equivale a 63,3% do total. Este percentual representa 36,5% dos indivíduos da população. Observada esta informação, cabe ainda a ressalva de que não só as condições fitossanitárias influenciam, mas também o porte dos indivíduos, visto que muitos destes são de porte arbustivo ou árvores jovens, o que pode justificar os baixos valores. Entretanto, a exuberante *R. oleracea*, conhecida como palmeira imperial, apesar de ser bastante utilizada na cidade pelo seu valor estético, interceptou apenas 10,28 m³/ano e uma média por indivíduo de 2,06 m³/ano e DAP médio de 21,8 cm. A morfologia da palmeira distingue-se da morfologia das árvores, o que explica a discrepância nos valores.

O gráfico 6 representa os valores de escoamento superficial evitado pelas espécies de maior ocorrência na área estudada. Pode-se verificar que as espécies seguem a mesma tendência verificada no gráfico 4, o oitizeiro obteve maior taxa de escoamento evitado, seguido pela castanhola, acácia amarela e felício. O valor médio de escoamento superficial evitado por indivíduo foi de 5,02, 3,12, 6,25 e 1,60 m³/ano das espécies *L. tomentosa*, *T. catappa*, *S. siamea* e *F. decipiens*, respectivamente. Ressalta-se que valores mais representativos poderiam ser encontrados caso o inventário tivesse sido desenvolvido no formato de amostras.

Gráfico 6 - Taxas de escoamento superficial evitado por ano pelas espécies de maior ocorrência na área estudada.



Fonte: A autora, (2019)

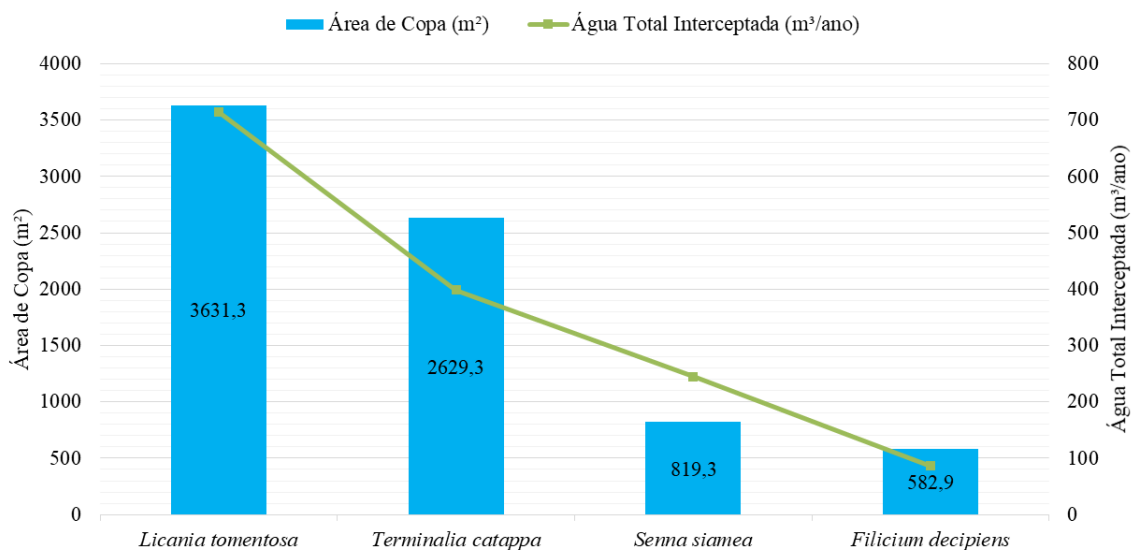
Alves e Formiga, (2019) verificaram que um oitizeiro em uma área experimental de cobertura de solo impermeável possui a capacidade de manter a vazão de escoamento a 7,6 mm/min, enquanto em uma outra área de característica semipermeável/permeável a vazão de escoamento foi de 0,3 mm/min. No estrato 2 do presente estudo, um oitizeiro de mesma área foliar interceptou 10,7 m³ de águas pluviais e evitou o escoamento superficial de 2,2 m³ no ano de 2016. Esses dados evidenciam o fato de que mesmo em áreas impermeabilizadas, as árvores podem mitigar os efeitos das chuvas e evitar possíveis danos que ocorreriam se não estivessem presentes.

No ano de 2016, a presença de 3 (três) sibipiruna na área estudada evitou o escoamento superficial de 7,7 m³ e promoveu a interceptação de 37,9 m³ de águas pluviais. A sibipiruna tem a quinta maior ocorrência no bairro das Graças, totalizando 65 indivíduos, de acordo com um censo realizado por Ferreira, (2018). Silva et al., (2009) observaram que a espécie *C. peltophoroides* apresenta bom desempenho na interceptação. Verifica-se, portanto, que a sibipiruna é também uma espécie potencial na regulação hídrica urbana.

O gráfico 7 expressa a relação entre área da copa e o volume de água interceptada por espécie. A *L. tomentosa* apresentou maior área de copa (3631,3 m²), seguida pela *T.*

catappa com 2629,3 m², *S. siamea* com 819,3 m² e, por fim, a *F. decipiens*, com 582,9 m² de área de copa. Após calcular as médias de área de copa por indivíduos das espécies, obteve-se os seguintes valores: 125,2 m² para o oitizeiro; 202,3 m² para a castanhola; 51,2 m² para a acácia amarela; e 53,0 m² para o felício. Segundo Alves, (2015), que estudou o comportamento de interceptação de seis indivíduos arbóreos utilizados na arborização urbana, constatou que os maiores valores de interceptação são proporcionais à arquitetura, densidade e área das copas.

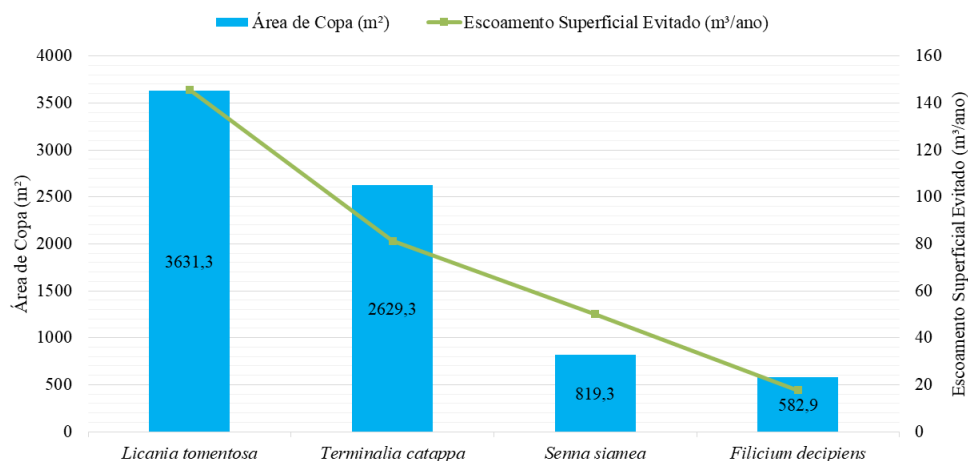
Gráfico 7 - Relação entre área de copa total e água total interceptada pelas espécies de maior frequência na população.



Fonte: A autora, (2019).

O escoamento superficial evitado pelas espécies de maior frequência acompanhou a mesma tendência observada na relação entre interceptação e área de copa (Gráfico 8). Comparando-se os gráficos 5, 7 e 8, observa-se que o felício não apresentou valores tão representativos quanto as outras espécies. O felício apresentou valor total de área de copa próximo ao da acácia, entretanto menores valores de interceptação e escoamento evitado. Essa diferença possivelmente está relacionada à condição fitossanitária dos indivíduos da *F. decipiens*, que embora sua arquitetura globosa e alta densidade da copa favoreça a interceptação, a maior parte dos indivíduos da população se encontravam em condição crítica.

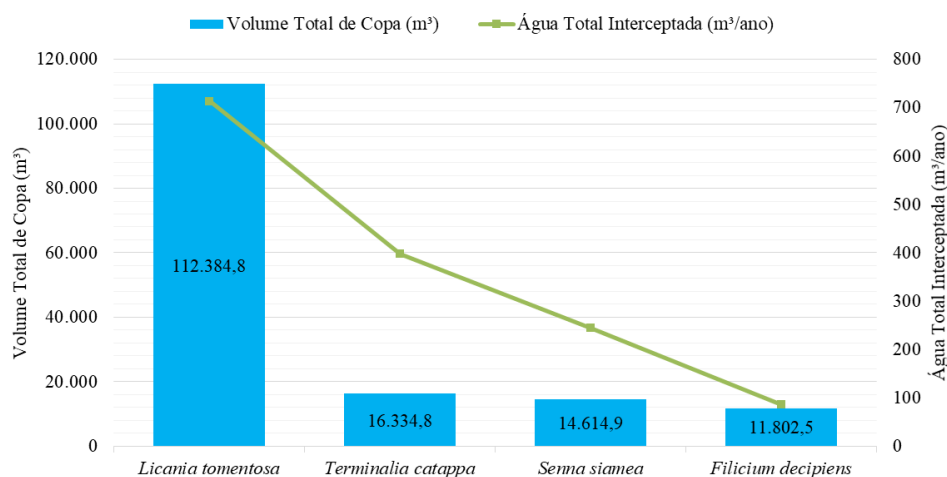
Gráfico 8 - Relação entre a área de copa total e o escoamento superficial evitado pelas espécies de maior frequência na população.



Fonte: A autora, (2019).

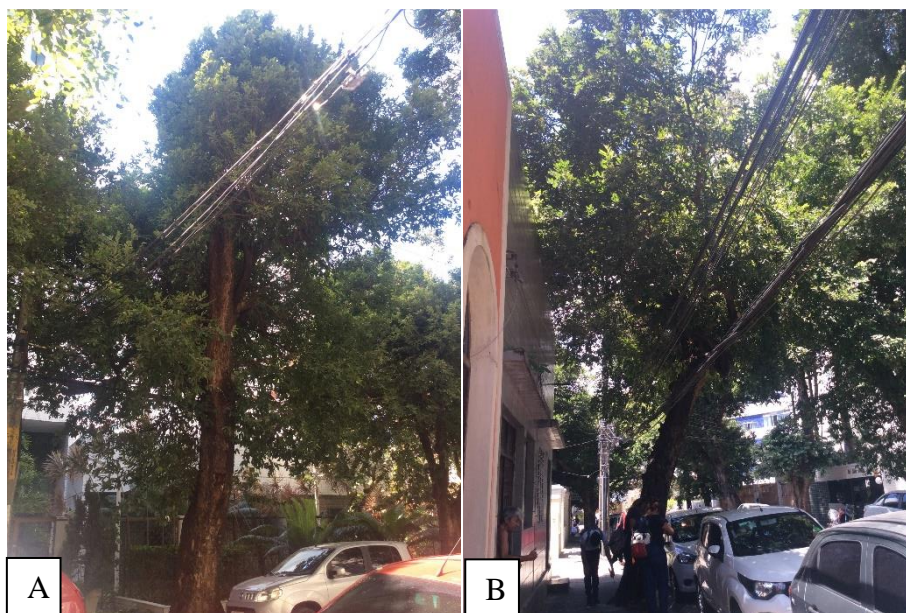
Calculou-se ainda o volume de copa total das espécies de maior ocorrência na área de estudo, conforme representado no gráfico 9. Os cálculos de volume foram feitos baseados na arquitetura de copa de cada espécie. Observa-se que a diferença entre o volume de copa da *L. tomentosa* e as demais espécies é discrepante. Em campo, constatou-se que os indivíduos da mesma espécie se apresentavam dispostos próximos uns aos outros, formando uma grande cobertura de copa (figura 4). A arquitetura e volume da copa do oitizeiro justificam os altos valores encontrados, mesmo com os inúmeros conflitos com as estruturas urbanas e perda da sua forma original de copa, como também pode ser observado na figura 4.

Gráfico 9 - Relação entre o volume total da copa e a água total interceptada pelas espécies de maior frequência na população.



Fonte: A autora, (2019)

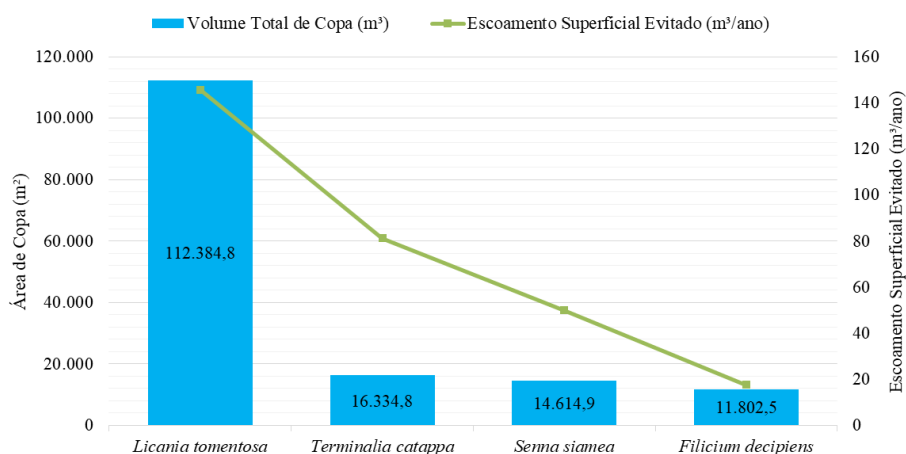
Figura 4 - Distribuição de exemplares da espécie *L. tomentosa*.



Fonte: A autora, (2019)

O volume médio dos indivíduos por espécie foi de 3.875,3 m³ para o oitizeiro, 1.256,5 m³ para a castanhola, 913,4 m³ para a acácia amarela e 1.073,0 m³ para o felício. Conforme demonstrado no gráfico 10, o escoamento superficial evitado também decresce conforme o volume de copa diminui. Alves, (2015) observou que embora o oiti apresente uma interceptação pluvial representativa por conta da sua copa frondosa, o escoamento da água pelo tronco é facilitado por ter aspecto liso do tronco. Dessa forma há uma compensação pela copa, que retarda o escoamento da água ao interceptá-la.

Gráfico 10 - Relação entre o volume total da copa e o escoamento superficial evitado pelas espécies de maior frequência na população.



Fonte: A autora, (2019)

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados deste trabalho demonstraram que a plataforma americana *i-Tree* e suas ferramentas podem ser utilizadas em estudos nos cenários brasileiros. Embora haja um maior esforço em projetos internacionais com a submissão de dados, o cuidado com a acurácia da coleta de dados e a escolha correta da ferramenta a ser utilizada colaboram na redução da margem de erro, aproximando os resultados à realidade.

137 indivíduos arbóreos distribuídos em 4 (quatro) ruas no bairro das Graças possibilitaram a redução no escoamento superficial de 355,1 m³ de água da chuva ao interceptarem o volume de 1.739,8 m³. O volume retido pelas árvores possibilita a redução nos efeitos das chuvas na cidade, uma vez que a área urbana é majoritariamente composta por áreas impermeáveis.

L. tomentosa, *T. catappa*, *S. siamea* e *F. decipiens* foram as espécies de maior ocorrência no estudo e apresentaram maiores taxas de interceptação de águas pluviais e escoamento superficial evitado. Os indivíduos destas espécies apresentavam grandes DAPs, altos valores de área foliar, área de copa e volume de copa. Estas constatações inferem que espécies com copas frondosas possuem grande potencial de regulação hídrica. Entretanto, cabe a ressalva de que podas mal executadas podem influenciar neste potencial como no caso do felício que possui copa propícia para alta interceptação, porém apresentava alto índice de copas em condição crítica. Verificou-se ainda que a sibipiruna apresentou alto potencial de interceptação e redução de escoamento superficial. As espécies *L. speciosa* e *R. oleracea* apresentaram os menores valores de interceptação e redução de escoamento superficial de águas pluviais.

Este estudo demonstrou que a plataforma utilizada pode servir como instrumento de conhecimento dos serviços ecossistêmicos das árvores urbanas. Deste modo, os relatórios gerados são de grande valia para a gestão da arborização das cidades. Para os próximos trabalhos, sugere-se a inclusão não só de dados de precipitação, mas também as concentrações dos poluentes do local de estudo, para que dessa forma, os resultados gerados pelo programa *i-Tree Eco* sejam ainda mais ricos.

REFERÊNCIAS

- ALVES, P. L. **Capacidade de interceptação pelas árvores e suas influências no escoamento superficial urbano**. 2015. 100p. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Goiás, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. 2015. Disponível em: <<https://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/4800>>. Acesso em: 18 de maio de 2019.
- ALVES, P. L.; FORMIGA, K. T. M. Efeitos da arborização urbana na redução do escoamento pluvial superficial e no atraso do pico de vazão. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 1, p. 193–207, 2019. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cflo/v29n1/1980-5098-cflo-29-01-193.pdf>>. Acesso em: 4 de outubro de 2019.
- ALVES, P. L.; FORMIGA, K. T. M.; TRALDI, M. A. B. Interferências de espécies arbóreas na interceptação das águas pluviais urbanas. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online)**, n. 47, p. 89–100, 2018. Disponível em: <http://rbciamb.com.br/index.php/Publicacoes_RBCIAMB/article/download/69/44>. Acesso em: 4 de outubro de 2019.
- APG III. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**. v. 161. p.105–121, 2009.
- ASADIAN, Y.; WEILER, M. A new approach in measuring rainfall interception by urban trees in coastal British Columbia. **Water Quality Research Journal of Canada**, v. 44, n. 1, p. 16–25, 2009.
- BARGOS, D. C.; MATIAS, L. F. Áreas verdes urbanas: um estudo de revisão e proposta conceitual. **REVSBAU**, v. 6, n. 3, p. 172–188, 2011. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/revsbau/article/view/66481>>. Acesso em: 10 de outubro de 2019.
- BASSO, J. M.; CORRÊA, R. S. Arborização urbana e qualificação da paisagem. **Paisagem e Ambiente: Ensaios**, n. 34, p. 129–148, 2014.
- BERLAND, A.; SHIFLETT, S. A.; SHUSTER, W. D.; GARMESTANI, A. S.; GODDARD, H. C.; HERRMANN, D. L.; HOPTON, M. E. The role of trees in urban stormwater management. **Landscape and Urban Planning**, v. 162, p. 167–177, 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204617300464>>. Acesso em: 4 de outubro de 2019.
- BERLAND, A.; HOPTON, M. E. Comparing street tree assemblages and associated stormwater benefits among communities in metropolitan Cincinnati, Ohio, USA. **Urban Forestry and Urban Greening**, v. 13, n. 4, p. 734–741, 2014.
- BIONDI, D.; ALTHAUS, M. **Árvores de rua de Curitiba: cultivo e manejo**. Curitiba, PR: FUPEF, 2005.
- BOLUND, P.; HUNHAMMAR, S. Ecosystem services in urban areas. **Ecological Economics**, v. 29, p. 293–301, 1999.
- BRUN, F. G. K.; LINK, D.; BRUN, E. J. O Emprego Da Arborização Na Manutenção Da Biodiversidade De Fauna Em Áreas Urbanas. **Revista da Sociedade Brasileira de**

Arborização Urbana, v. 2, n. 1, p. 117–127, 2007.

BYNG, James W. et al. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 181, n. 1, p. 1-20, 2016.

CUFR. **Fact Sheet #4: Control Stormwater Runoff with Trees.**, Pacific Southwest Research Station., 2002. Disponível em:
<https://www.fs.fed.us/psw/topics/urban_forestry/products/CUFR_182_UFfactsheet4.pdf>
. Acesso em: 18 de maio de 2019.

DUARTE, T. E. P. N.; ANGEOLETTO, F.; SANTOS, J. W. M. C.; SILVA, F. F.; BOHRER, J. F. C.; MASSAD, L. Reflexões sobre arborização urbana: desafios a serem superados para o incremento da arborização urbana no Brasil. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, Maringá (PR)**, v. 11, n. 1, p. 327–341, 2018. Disponível em:
<<http://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/5022>>

FAZIO, J. R. How Trees Can Retain Stormwater Runoff. **Tree City USA Bulletin**, n. 55, 2010. Disponível em:
<http://www.fs.fed.us/psw/programs/uesd/uep/products/11/800TreeCityUSABulletin_55.pdf> . Acesso em: 18 de maio de 2019.

FERREIRA, J. V. F. 2018. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Florestal) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2018.

HIGHLAND, L. M.; BOBROWSKY, P. **O manual de deslizamento - um guia para a compreensão de deslizamentos** US Geological Survey Circular. Reston, Virginia. Disponível em: <http://ciaden.com.br/docs/gerais/Manual_Deslizamentos_M5DS.pdf>. Acesso em: 28 de setembro de 2019.

HILDE, T.; PATERSON, R. Integrating ecosystem services analysis into scenario planning practice: Accounting for street tree benefits with i-Tree valuation in Central Texas. **Journal of Environmental Management**, v. 146, p. 524–534, 2014. Disponível em:
<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479714004198>>. Acesso em: 17 de novembro de 2019.

HIRABAYASHI, S. **i-Tree Eco Precipitation Interception Model Descriptions**. New York, NY. Disponível em:
<https://www.itreetools.org/eco/resources/iTree_Eco_Precipitation_Interception_Model_Descriptions.pdf>. Acesso em: 17 de novembro de 2019

HIRABAYASHI, S. **i-Tree Streets/Design/Eco Rainfall Interception Model Comparisons**. Disponível em:
<http://www.itreetools.org/eco/resources/iTree_Streets_Design_Eco_Rainfall_Interception_Model_Comparisons.pdf>. Acesso em: 17 de novembro de 2019

I-TREE. **i-Tree Eco: Application Overview**. 2019a. Disponível em:
<<https://www.itreetools.org/tools/i-tree-eco/i-tree-eco-overview>>. Acesso em: 12 de julho de 2019.

I-TREE. **i-Tree Database**. 2019b. Disponível em:

<<https://database.itreetools.org/#/splash>>. Acesso em: 22 jul. 2019.

INMET. **Normais Climatológicas do Brasil 1981- 2010**. 2018. Disponível em:

<<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>>. Acesso em: 18 de julho de 2019.

IPCC. **Summary for Policymakers. In: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation**. Cambridge University Press.

Cambridge, UK, and New York, NY, USA. Disponível em:

<https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/SREX_FD_SPM_final-2.pdf>. Acesso em: 28 de setembro de 2019.

IPCC. : **Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Geneva, Switzerland. Disponível em: <https://archive.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full_wcover.pdf>. Acesso em: 28 de setembro de 2019.

LIMA NETO, E. M. **Índices e métricas para a gestão das árvores de ruas de Boa Vista-RR a partir de cadastro espacial**. 2014. Universidade Federal do Paraná, 2014.

LIMA NETO, E. M.; BIONDI, D.; LEAL, L.; DA SILVA, F. L. R.; PINHEIRO, F. A. P.

Análise da composição florística de Boa Vista-RR: subsídio para a gestão da arborização de ruas. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 11, n. 1, p. 58-72, 2016. Disponível em:

<https://revistas.ufpr.br/revsbau/article/view/63390/pdf_1>. Acesso em: 18 de julho de 2019.

LIVESLEY, S. J.; MCPHERSON, G. M.; CALFAPIETRA, C. The urban forest and ecosystem services: Impacts on urban water, heat, and pollution cycles at the tree, street, and city scale. **Journal of Environmental Quality**, v. 45, n. 1, p. 119–124, 2016.

Disponível em: <<https://dl.sciencesocieties.org/publications/jeq/abstracts/45/1/119>>.

Acesso em: 18 de julho de 2019.

MACIEL, T. T.; BARBOSA, B. C. Áreas verdes urbanas: história, conceitos e importância ecológica. **CES Revista**, n. 1, p. 10–17, 2015.

MAGALHÃES, L. M. S. Arborização E Florestas Urbanas -Terminologia Adotada Para a Cobertura Arbórea Das Cidades Brasileiras / Arborização E Florestas Urbanas - Terminologia Adotada Para a Cobertura Arbórea Das Cidades Brasileiras. **Floresta e Ambiente**, p. 23–26, 2006. Disponível em: <<http://www.if.ufrj.br/st/pdf/arboriza.pdf>>.

Acesso em: 28 de setembro de 2019.

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; BESERRA, E. A.; LACERDA, F. F. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. In: MEDEIROS, S. S.; GHEYI, H. R.;

GALVÃO, C. O.; PAZ, V. P. S. (Ed.). **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**. Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido, 2011. p. 383–422.

MEDEIROS, R. M. HOLANDA, R. M.; VIANA, M. A.; SILVA, V. P. Climate Classification in Köppen Model for the State of Pernambuco - Brazil. **Revista de**

Geografia (Recife), v. 35, n. 3, p. 219–234, 2018. Disponível em:
<<https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/viewFile/229388/30005>>.
Acesso em: 28 de setembro de 2019.

MELO, L. L.; MEUNIER, I. M. J. Evolução da arborização de acompanhamento viário em cinco bairros de Recife – PE. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 34, n. 2, p. 252–258, 2017. Disponível em:
<<https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/viewFile/229198/23587>>.
Acesso em: 28 de setembro de 2019.

MELO, E. F. R. Q.; ROMANINI, A. A gestão da arborização urbana na cidade de Passo Fundo/RS. **Revista Brasileira de Arborização Urbana**, v. 2, n. 1, p. 1–16, 2007. Disponível em:
<<https://revistas.ufpr.br/revsbau/article/view/66227/38106>>. Acesso em: 18 de julho de 2019.

MILANO, M. S. **Avaliação E Análise Da Arborização De Ruas De Curitiba - PR**. 1984. Universidade Federal do Paraná, 1984.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment**. Washington, DC. Disponível em:
<<https://www.millenniumassessment.org/documents/document.300.aspx.pdf>>. Acesso em: 28 de setembro de 2019.

NICODEMO, M. L. F.; PRIMAVESI, O. **Por que manter árvores na área urbana? Documentos**. São Carlos, SP.

NÓBREGA, R. S.; FHELIPE, R. F. de L.; COSTA, C. A. C. Variabilidade temporal e espacial da precipitação pluviométrica em Pernambuco através de índices de extremos climáticos. **Revista Brasileira de Meteorologia**, [s. l.], v. 30, n. 2, p. 171–180, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbmet/v30n2/0102-7786-rbmet-30-02-00171.pdf>>. Acesso em: 28 de setembro de 2019.

NOWAK, D. J.; CRANE, D. E.; STEVENS, J. C.; HOEHN, R. E.; WALTON, J. T.

Bond, Jerry A ground-based method of assessing urban forest structure and ecosystem services. **Arboriculture and Urban Forestry**, v. 34, n. 6, p. 347–358, 2008. Disponível em: <<https://www.fs.usda.gov/treearch/pubs/19526>>. Acesso em: 28 de setembro de 2019.

ONU. **Climate Change**. 2019a. Disponível em: <<https://www.un.org/en/sections/issues-depth/climate-change/>>. Acesso em: 28 de setembro de 2019.

ONU. **World Urbanization Prospects 2018: Highlights**. New York, NY. Disponível em: <<https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Highlights.pdf>>. Acesso em: 28 de setembro de 2019.

ONU. **ODS13**. 2019c. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/ods13/>>. Acesso em: 28 de setembro de 2019.

PAIVA, H. N.; GONÇALVES, W. **Florestas urbanas: planejamento para melhoria da qualidade de vida**. Coleção ed. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2002.

PEDRON, F. A.; DALMOLIN, R. S. D.; AZEVEDO, A. C.; KAMINSKY, J. Solos urbanos. **Ciência Rural**, v. 34, n. 5, p. 1647–1653, 2004. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/331/33134553.pdf>>. Acesso em: 22 de julho 2019.

PEPER, P. J.; MCPHERSON, E. G.; SIMPSON, J. R.; GARDNER, S. L.; VARGAS, K. E.; XIAO, Q. New York City, New York municipal forest resource analysis. Center for Urban Forest Research, USDA Forest Service, Pacific Southwest Research Station, Davis, 2007.

RECIFE. **Prefeitura do Recife: Caracterização do Território**. 2019a. Disponível em: <<http://www2.recife.pe.gov.br/pagina/caracterizacao-do-territorio>>. Acesso em: 22 de julho 2019.

RECIFE. **Prefeitura do Recife: Graças**. 2019b. Disponível em: <<http://www2.recife.pe.gov.br/servico/gracas>>. Acesso em: 22 de julho 2019.

RIBEIRO, F. A. B. S. Arborização Urbana Em Uberlândia: Percepção Da População. **Revista da Católica**, v. 1, n. 1, p. 224–237, 2009. Disponível em: <https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/34695724/20_Arborizacao_urbana.pdf?response-content-disposition=inline%3B+filename%3D20_Arborizacao_urbana.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20191121%2Fus-east-1%2F>. Acesso em: 28 de setembro de 2019.

RIBEIRO, W. C. Impactos das mudanças climáticas em cidades no Brasil. **Revista. Parcerias Estratégicas**, v. 27, p. 298–322, 2008. Disponível em: <http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/viewFile/335/329>. Acesso em: 28 de setembro de 2019.

RODRIGUES, J. A. Influência da arborização urbana na prestação de serviços ecossistêmicos em Rio Claro (SP). 2017. 45 f. Trabalho de conclusão de curso (Ecologia) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Instituto de Biociências (Campus de Rio Claro), 2017. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/156176>>. Acesso em: 18 de maio de 2019.

RODRIGUES, V. A.; SÁNCHEZ-ROMÁN, R. M.; TARJUELO, J. M.; SARTORI, M. M. P.; CANALES, A. R. Avaliação do escoamento e interceptação da água das chuvas. **Irriga**, v. 1, n. 1, p. 1–13, 2015. Disponível em: <<http://actaarborea.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/1054/1258>>. Acesso em: 18 de maio de 2019.

ROSSETTI, A. I. N.; PELLEGRINO, P. R. M.; TAVARES, A. R. As Árvores E Suas Interfaces No Ambiente Urbano. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 5, n. 1, p. 1–24, 2010. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/revsbau/article/view/66231>>. Acesso em: 18 de maio de 2019.

SAMAH, J. A. **Finding Urban Trees for a Changing World**. 2019. Thesis. THE

UNIVERSITY OF BRITISH COLUMBIA, 2019.

SANTOS, T. O. B.; LISBOA, C. M. C. A.; CARVALHO, F. G. De. Análise Da Arborização Viária Do Bairro De Petrópolis, Natal, Rn: Uma Abordagem Para Diagnóstico E Planejamento Da Flora Urbana. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 7, n. 4, p. 90–106, 2012. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/revsbau/article/view/66546>>. Acesso em: 18 de maio de 2019.

SATHLER, D.; PAIVA, J. C.; BAPTISTA, S. Mudanças Climáticas: planejamento urbano e governança ambiental nas sedes das principais regiões metropolitanas e integradas de desenvolvimento do Brasil. **Caderno de Geografia**, v. 29, n. 56, p. 262–286, 2019. Disponível em: <<http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/17875>>. Acesso em: 28 de setembro de 2019.

SILVA, A. G.; PAIVA, H. N.; GONÇALVES, W. **Avaliando a Arborização Urbana**. Jardinagem ed. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2007.

SILVA, P. E. Da et al. Análise de Índices de Extremos Climáticos no Nordeste e Amazônia Brasileira para o Período entre 1980 a 2013. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, v. 42, n. 2, p. 137–148, 2019. Disponível em: <<http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/anigeo/article/view/13395>>. Acesso em: 29 de setembro de 2019.

SILVA, L. F. LIMA, A. M. L. P.; SILVA FILHO, D. F.; COUTO, H. T. Z. Interceptação da chuva pelas copas das espécies de *Caesalpinia pluviosa* DC. (*Sibipiruna*) e *Tipuana tipu* O. Kuntze (*Tipuana*) em arborização urbana. **Scientia Forestalis**, v. 36, n. 80, p. 307–315, 2008.

SILVA, L. F. LIMA, A. M. L. P.; SILVA FILHO, D. F.; COUTO, H. T. Z. Precipitação interna e interceptação da chuva em duas espécies arbóreas urbanas. **REVSBAU**, v. 4, n. 3, p. 32–48, 2009. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/revsbau/article/view/66410>>. Acesso em: 20 de maio de 2019.

SILVA, S. T.; SANTOS, R. F. M. A interceptação das águas pluviais através da arborização urbana. **INOVAE - Journal of Engineering, Architecture and Technology Innovation**, v. 6, p. 191–206, 2018. Disponível em: <<http://revistaseletronicas.fmu.br/index.php/inovae/article/view/1884/1381>>. Acesso em: 4 de outubro de 2019.

SILVA, W. L.; DEREZYNSKI, C.; Chang, M.; Freitas, M.; Machado, B. J.; Tristão, L.; Ruggeri, J. Tendências observadas em indicadores de extremos climáticos de temperatura e precipitação no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Meteorologia**, [s. l.], v. 30, n. 2, p. 181–194, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbmet/v30n2/0102-7786-rbmet-30-02-00181.pdf>>. Acesso em: 28 de setembro de 2019.

SILVA, W. L.; DEREZYNSKI, C. P. Caracterização Climatológica e Tendências observadas em extremos climáticos no Estado do Rio de Janeiro. **Anuario do Instituto de Geociências**, v. 37, n. 2, p. 123–138, 2014. Disponível em: <<http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/anigeo/article/view/6005>>. Acesso em: 28 de setembro de 2019.

TOLFFO, F. A. **O pagamento por serviços ecossistêmicos como instrumento de gestão ambiental para o espaço urbano**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ambiente, Saúde e Sustentabilidade) - Faculdade de Saúde Pública, University of São Paulo, São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6139/tde-09122015-112922/en.php>>. Acesso em: 01 de outubro de 2019.

TUCCI, C.; CLARKE, R. Impactos das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: revisão. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 2, n. 1, p. 135–152, 1997.

VICENTE, A. K. **Eventos extremos de precipitação na Região Metropolitana de Campinas**. 2004. Universidade Estadual de Campinas, 2004. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/286870/1/Vicente_AndreaKoga_M.pdf>. Acesso em: 28 de setembro de 2019.

WANDERLEY, L. S.; NÓBREGA, R. S.; MOREIRA, A. B.; ANJOS, R. S.; ALMEIDA, C. P. As chuvas na cidade do Recife: uma climatologia de extremos. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 22, p. 149-164, 2018. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/56034>>. Acesso em: 19 de maio de 2019.

WANG, J.; ENDRENY, T. A.; NOWAK, D. J. Mechanistic simulation of tree effects in an urban water balance model. **Journal of the American Water Resources Association**, v. 44, n. 1, p. 75–85, 2008.

WELERSON, C. C.; SILVA, B. C.. Análise do impacto do crescimento urbano em uma micro bacia hidrográfica no município de Itajubá/MG. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 3, p. 1114–1131, 2019. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/download/238943/33034>>. Acesso em: 28 de setembro de 2019.

XIAO, Q.; McPherson, E. G.; Simpson, J. R.; Ustin, S. L. Rainfall interception by Sacramento's urban forest. **Journal of Arboriculture**, v. 24, n. 4, p. 235–243, 1998.

XIAO, Q.; MCPHERSON, E. G. Rainfall interception by Santa Monica's municipal urban forest. **Urban Ecosystems**, v. 6, p. 291–302, 2002. Disponível em: <<https://www.fs.usda.gov/treearch/pubs/45958>>. Acesso em: 19 de maio de 2019

EXP COPA LUZ: -1 = morta, 0 = totalmente sombreada, 1 = 1 lado exposto à luz, 2 = 2 lados expostos à luz, 3 = 3 lados expostos à luz, 4 = 4 lados expostos à luz, 5 = todos os lados expostos à luz

ANEXO B

ANEXO B – Formulário de submissão de novas espécies na ferramenta *i-Tree Database*.

Species

Welcome Bianka, this application allows you to add new tree species and their associated information to the *i-Tree* databases for use in the *i-Tree* tools and applications. Please fill in all required information and then submit this information to the *i-Tree* Team.

It is recommended that prior to attempting to submit species information you should go to the View Database page to make sure that the species is not already in our database. Please only submit tree species, do not submit data for shrubs, vines or herbaceous plants.

*Genus Name: ? * Required

*Species Name: Please only enter the species name in this field. * Required

*Family: ? * Required

*Order: ? * Required

*Class: ? * Required

*Common Name: Please use an English common name where possible. * Required

i-Tree Database

database.itreetools.org/#/speciesForm

*Growth Form: -- Select Growth Form -- * Required

*Percent Leaf Type: -- Select Percent Leaf Type -- * Required

*Leaf Type: -- Select Leaf Type -- * Required

Growth Rate: -- Select Growth Rate -- Optional

Longevity: -- Select Longevity -- Optional

Height at Maturity (feet): Optional

Native Continent: Australia, Europe, North America, South America Optional

Resubmission: -- Select -- *Change this to 'Yes' if this submission replaces one of your previous species submissions* * Required

Submit Reset

Windows taskbar: Digite aqui para pesquisar, 12:14, 26/11/2019