

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MARIA EMILIA MARTINS FERREIRA

ANÁLISE DO POTENCIAL DE FIXAÇÃO DE CARBONO DA MATA CILIAR DO  
RIO AREIÃOZINHO

CURITIBA

2018

MARIA EMILIA MARTINS FERREIRA

ANÁLISE DO POTENCIAL DE FIXAÇÃO DE CARBONO DA MATA CILIAR DO  
RIO AREIÃOZINHO

Trabalho de conclusão de curso apresentando ao Curso de MBA em Gestão Ambiental, do Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias-PECCA, da Universidade Federal do Paraná, como pré-requisito para obtenção do título de especialista.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Roberto Sanquetta

CURITIBA

2018

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Carlos Roberto Sanquetta, por sempre proporcionar o meu desenvolvimento e crescimento na área e principalmente dentro da Universidade;

Ao Prof. Dr. Allan Pelissari pelas discussões e ensinamentos;

Aos amigos e colaboradores da pós-graduação do laboratório BIOFIX, Bruna Vasconcellos, Deivison Venicio Souza, Myrcia Minatti e Vinicius Coutinho;

Aos estudantes do Projeto de Extensão “Areião das Águas”, Helena, Gabriel, Bruno, Luana, Aline e Victoria, principalmente ao coordenador do projeto, Prof. Dr. Paulo Afonso Bracarense Costa pela oportunidade para desenvolver essa pesquisa;

À Coordenação do Laboratório de Quantificação de Biomassa e Fixação de Carbono – BIOFIX, por ter cedido o laboratório para consecução da pesquisa, em especial na figura da Profa. Dra. Ana Paula Dalla Corte;

À Coordenação do Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias-PECCA, da Universidade Federal do Paraná, pela bolsa concedida.

# ANÁLISE DO POTENCIAL DE FIXAÇÃO DE CARBONO DA MATA CILIAR DO RIO AREIÃOZINHO

Maria Emilia Martins Ferreira<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Graduação em Engenharia Civil, Doutorado em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná-UFPR. Laboratório BIOFIX-Dep. De Ciências Florestais. Campus Botânico. [mariaemilia@ufpr.br](mailto:mariaemilia@ufpr.br).

## RESUMO

Este trabalho teve como objetivo fazer um levantamento do potencial de fixação de carbono da mata ciliar presente na primeira parte do trecho 2 do rio Areiãozinho. Para realizar este estudo o rio foi dividido em cinco trechos. O primeiro trecho é totalmente canalizado portanto sem mata ciliar, os próximos três trechos são canalizados a céu aberto e apresentam mata ciliar, e o último trecho, também canalizado a céu aberto porém quase não apresenta mata ciliar. Para a consecução do trabalho foi realizado um censo de todas as espécies arbóreas, com circunferência à altura do peito (CAP) maior ou igual a 10 (dez) centímetros, presentes na área delimitada. Ao realizar o inventário, pode-se constatar que apesar de existirem espécies exóticas e invasoras presentes na mata ciliar, há predominância de espécies nativas. A quantificação do estoque de carbono contido na mata ciliar do rio Areiãozinho foi estimado com base na biomassa calculada a partir do parâmetro morfológico diâmetro à altura do peito (DAP) por meio de equações alométricas escolhidas. Para a estimativa do carbono presente na biomassa, multiplicou-se a biomassa por 0,47, procedimento adotado pelo IPCC. Já para fazer a estimativa de CO<sub>2</sub>e (carbono equivalente) absorvido pela biomassa multiplicou-se o carbono pelo fator de expansão 3,67. Chegou-se ao valor de 127,72 t.ha<sup>-1</sup> de carbono fixado na área de mata ciliar do rio Areiãozinho inventariada. Os resultados sugerem que se faça um estudo sobre a renaturalização do rio, favorecendo o aumento de área de mata ciliar consequentemente maior fixação de carbono por hectare.

**Palavras-chaves:** renaturalização, estoque de carbono, biomassa

## ABSTRACT

This work was intended to make a survey of the carbon fixation potential of the ciliary vegetation present in the first part of the section 2 of the Areiãozinho River. To carry out this study the river was divided into five sections. The first stretch is totally channeled, with no riparian vegetation, the next three stretches are channeled into the open sky and present riparian vegetation, and the last stretch, also channeled to the open sky but almost does not present riparian vegetation. To achieve the work, a census of all tree species was carried out, with circumference of the breast height (CAP in Portuguese) greater than or equal to 10 (ten) centimeters, present in the enclosed area. In carrying out the inventory, it can be noted that although there are exotic and invasive species present in the riparian forest, there is predominance of native species. The quantification of the carbon stock contained in the riparian vegetation of the Areiãozinho River was

estimated based on the biomass calculated from the morphological parameter diameter to the breast height (DAP in Portuguese) through chosen Allometrics equations. For the estimation of carbon present in biomass, the biomass was multiplied by 0.47, a procedure adopted by the IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Already to make the estimation of CO<sub>2</sub>e (equivalent carbon) absorbed by the biomass multiplied the carbon by the expansion factor 3.67. It reached the value of 127,72 t.ha<sup>-1</sup> of carbon fixed in the inventory area in riparian vegetation of the Areiãozinho River. The results suggest that a study is done on the dewatering of the river, favoring the increase of the area of riparian vegetation, consequently, greater carbon fixation per hectare.

**Keywords:** renaturation, carbon stock, biomass

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 - Imagem dos bairros da bacia do rio Areiãozinho .....	16
Figura 2 - Trecho 1 do rio Areiãozinho – bairro Jardim das Américas - Curitiba.....	17
Figura 3 - Trecho 2 do rio Areiãozinho – bairro Jardim das Américas - Curitiba.....	17
Figura 4 - Trecho 3 do rio Areiãozinho– bairro Jardim das Américas - Curitiba.....	18
Figura 5 - Trecho 4 do rio Areiãozinho– bairro Jardim das Américas - Curitiba.....	18
Figura 6 - Trecho 5 do rio Areiãozinho– bairro Jardim das Américas - Curitiba.....	19
Figura 7 - Delimitação da área de estudo .....	20
Figura 8 -Área Inventariada .....	24
Figura 9 - Dinâmica temporal do desenvolvimento da mata ciliar do Areiãozinho .....	25

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1-Espécies encontradas na mata ciliar do rio Areiãozinho .....	22
---	----

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Descrição do rio Areiãozinho de acordo a presença de estrutura de canalização e mata ciliar - Curitiba.....	19
--	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP – Área de Preservação Permanente

COP - Conferência das Partes

CO<sub>2</sub> – Dióxido de carbono

CO<sub>2</sub>e – Carbono equivalente

CH<sub>4</sub> – Metano

GEE - Gases de Efeito Estufa

HFC – Hidrofluorcarbono

IPCC - Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (sigla em inglês)

MDL - Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

N<sub>2</sub>O - Óxido Nitroso

O – Oxigênio

PFC - Perfluorcarbonos

RMC - Região Metropolitana de Curitiba

SF<sub>6</sub> - Hexafluoreto de Enxofre

UNFCCC - Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (sigla em inglês)

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	9
1.1 REVISÃO DE LITERATURA .....	10
1.2 OBJETIVOS .....	13
1.3 JUSTIFICATIVA .....	13
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	14
2.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	14
2.2 CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO .....	14
2.3 MÉTODO.....	19
2.3.1 Identificação das espécies presentes na mata ciliar .....	19
2.3.2 Estimativa da biomassa e do estoque de carbono.....	20
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	22
<b>4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b> .....	26
<b>5. REFERÊNCIAS</b> .....	27

## 1. INTRODUÇÃO

O lançamento do livro de Rachel Carlson, *Primavera Silenciosa*, em 1962, acendeu a luz de alerta para a forma com que o homem se relaciona com o meio em que vive, mas foi somente na década seguinte, em 1972, na capital da Suécia, que ocorreu o primeiro grande encontro das Nações Unidas para discutir as questões ambientais, a Conferência de Estocolmo.

As preocupações relacionadas ao meio ambiente ganharam força e em 1988 foi criado, no âmbito das Nações Unidas (ONU) através de uma iniciativa do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e da Organização Meteorológica Mundial (OMM), o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (do inglês *Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC*), que é uma organização científica e política, composta por cientistas independentes, cujo objetivo é divulgar o conhecimento sobre mudanças climáticas.

Em 1992, o IPCC adotou durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento que ocorreu no Rio de Janeiro, a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (sigla em inglês UNFCCC). Para torna-se parte da Convenção os países deveriam manifestar-se assinando sua participação.

A primeira Conferência das Partes (do inglês *Conference of Parties - COP*) aconteceu em 1995 em Bonn, Alemanha, e desde então, anualmente, as partes se com seus cientistas e formadores de políticas a fim de tratar sobre as questões climáticas no mundo.

Um dos primeiros documentos mais impactantes produzidos pela COP foi o Protocolo de Quioto, adotado durante a terceira reunião da COP na cidade de Quioto no Japão, em 1997, cujo objetivo foi estabelecer aos países industrializados signatários metas de redução de emissão de seis gases causadores do efeito estufa: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>), hidrofluocarbonos (HFCs) e perfluorcarbonos (PFCs). Para atingir tais metas o Protocolo de Quioto propôs mecanismos de flexibilização para comercialização de emissões dando origem ao mercado de carbono.

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL é o mecanismo desse mercado mais importante para os países em desenvolvimento como o Brasil. No Mercado de Carbono os países emissores de GEE podem negociar os chamados créditos de carbono entre si e com países em desenvolvimento. Vale ressaltar que além desse mercado mandatório existe também um mercado não regulado pelo Protocolo de Quioto, tratando-se de um mercado voluntário.

Dentre as atividades conhecidas como “elegíveis” para implementação desses projetos está o reflorestamento e o florestamento, em particular, em áreas de preservação permanente (APP), em torno de elementos hídricos como os rios.

## 1.1 REVISÃO DE LITERATURA

### Mata Ciliar

A vegetação ripária pode ser classificada como mata ciliar, mata de galeria e mata paludosa, dependendo do tipo de clima, solo e relevo em que se encontra inserida. Porém, apesar de não haver entre os autores um consenso conceitual sobre tais denominações, pode-se dizer que mata ciliar é aquela vegetação florestal que ocorre ao longo das margens de rios, igarapés, lagos e nascentes (DAMASCENO, 2011).

A presença da mata ciliar às margens dos rios é fundamental pois exerce a função de proteger os cursos d'água, evitando a erosão e o assoreamento que carrega o solo para o leito do rio. A mata ciliar funciona, também como filtro uma vez que impede que agrotóxicos, adubos, sedimentos e até mesmo resíduos sólidos que são desejados em suas margens sejam arrastados para o leito do rio contaminando suas águas.

A mata ciliar, também, serve de abrigo e de fonte de alimento para a fauna e de corredor ecológico para a flora, quando em crescimento capturam e fixam o dióxido de carbono, principal gás de efeito estufa, contribuindo para diminuição do aquecimento global e aumento da qualidade do ar, sendo, portanto, a sua conservação e recuperação de grande importância.

A Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e é conhecida como o Novo Código Florestal, considera as matas ciliares Áreas de Preservação Permanente (APPs) e determina a largura

das faixas marginais para distintas larguras de cursos d'água, de mananciais e de lagos e lagoas (BRASIL, 2012).

A extensão dessas faixas às margens dos cursos d'água, que configura APPs, variam entre 30 metros e 500 metros dependendo da largura do rio e com relação às nascentes deve ser considerada a área de um raio de 50 metros ao seu redor como APP (BRASIL, 2012).

### Biomassa e Fixação de carbono

Sanquetta (2003), define biomassa como massa de matéria de origem biológica, viva ou morta, animal ou vegetal. Assim biomassa florestal pode ser toda biomassa existente na floresta ou uma parte arbórea dela, expressa em unidade de massa.

Segundo Yu (2004) das várias formas de se retirar o gás carbônico da atmosfera existem as que dependem exclusivamente da ação humana, como injetar CO<sub>2</sub> abaixo da terra, e as que fazem parte do ciclo natural do carbono, como o processo da fotossíntese, que é a forma que interessa à Convenção do Clima.

A forma natural de sequestro de carbono se dá, por exemplo, através do processo fotossíntese-respiração o ciclo simples mais importante do ciclo de carbono que é um ciclo biogeoquímico.

Durante o processo da fotossíntese, que é quando ocorre a fixação do carbono (C) na biomassa e a liberação do oxigênio (O<sub>2</sub>), as plantas retiram o gás carbônico da atmosfera, o absorve e o transforma em tecido lenhoso da árvore ou também chamado de biomassa ou matéria orgânica.

O processo complementar à fotossíntese é o processo da respiração em que a matéria orgânica reage com o oxigênio e libera gás carbônico e energia. Renner (2004), pondera que se não existisse o processo de respiração, mas somente a fotossíntese haveria uma queda na temperatura do planeta por falta do gás carbônico, que é um gás de efeito estufa, na atmosfera.

A fixação do carbono (C) e por conseguinte a retirada do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) da atmosfera ocorre com mais intensidade na fase de crescimento das árvores e por essa razão projetos florestais são fundamentais

no combate aos efeitos do aquecimento global especialmente quando se utiliza espécies de rápido crescimento (URBANO, 2007)

Segundo Barbosa (2013), as florestas são os maiores reservatórios de carbono apresentando cerca de 80% de todo carbono estocado na vegetação terrestre e 40% do carbono presente nos solos.

Assim, projetos de florestamento e reflorestamento são estratégicos em ações para mitigar o efeito estufa através da fixação do gás carbônico na biomassa vegetal.

Em um trabalho de recuperação da mata ciliar de um rio, apesar das dificuldades adicionais como a grande diversidade de espécies encontradas e a faixa de trabalho ser longa e estreita, é possível elaborar projetos de sequestro de carbono, segundo Martins (2005).

#### Estimativa da biomassa e do estoque de carbono

Para se realizar um trabalho de avaliação de biomassa e quantificação de carbono é importante destacar a diferença entre estimar e determinar. Quando se determina a biomassa de um indivíduo implica que o método direto foi utilizado para se obter tal valor, ou seja, aquele exemplar foi derrubado para extrair as medições necessárias a fim de se determinar a biomassa. Por isso, para grandes extensões florestais são utilizadas estimativas, originadas pelo método indireto que usa modelos matemáticos ajustados a partir de dados obtidos pelo método direto. Deste modo, para Sanquetta (2002), a maioria dos estudos de biomassa florestal geram estimativas.

A análise do estoque de carbono tem como principal componente a variável biomassa. Após estimar a biomassa, foi possível estimar o estoque de carbono da área em estudo.

O modelo de regressão é a modelagem matemática mais comumente usada para se analisar as relações alométricas com maior correlação entre variáveis de interesse da área florestal. Existe um grande leque de modelos disponíveis na literatura com base nas variáveis diâmetro à altura do peito (DAP), altura total (ht), altura comercial (h) e altura da copa (hcop) para estimar a biomassa e o estoque de carbono.

O Guia para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa do IPCC 2006 (em inglês *2006 IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories*) adota o valor 0,47 como fator de conversão da biomassa em carbono presente na biomassa. Para a realização deste trabalho, seguiu-se a orientação do Guia IPCC-2006.

## 1.2 OBJETIVOS

### Objetivo Geral

O objetivo desta pesquisa foi estimar o estoque de carbono da biomassa da vegetação da mata ciliar na primeira parte do rio Areiãozinho.

### Objetivos Específicos

- a. Realizar levantamento da presença de mata ciliar do rio Areiãozinho;
- b. Fazer um levantamento fitossociológico das espécies que ocorrem na extensão do rio;
- c. Analisar o desenvolvimento da mata ciliar do rio Areiãozinho no período entre os anos 2004 e 2017.

## 1.3 JUSTIFICATIVA

No Brasil, o índice de urbanização, segundo dados oficiais, é maior do que 85%, ou seja, de cada 100 habitantes, 85 vivem nas cidades. Essa tendência à urbanização tem ainda uma característica muito peculiar que é a enorme concentração das pessoas nos grandes municípios (BRACARENSE, 2017).

Segundo Miranda (2004) o processo de urbanização que ocorreu na RMC (Região Metropolitana de Curitiba), com deficiências na infraestrutura de saneamento básico provocou uma forte degradação da qualidade dos principais cursos d'água da região, cujos parâmetros indicadores de qualidade (DQO, DBO, OD e coliformes) ultrapassam em muito os limites estipulados para a Classe 2, na qual a grande maioria deles foi enquadrada.

Projetos que envolvam recuperação florestal das matas ciliares de rios urbanos buscam não apenas combater o aquecimento global como também gerar conforto e qualidade ambiental para a população que mora na bacia do rio, além de conservar a biodiversidade da região.

Devido à crescente conscientização ambiental da sociedade e à pressão do Estado criando mecanismos legais que incentivam a preservação e a restauração das matas ciliares, tem aumentado a quantidade de projetos que visam a recomposição e proteção da mata ciliar em ambiente urbano. (KAGEYAMA; GANDARA, 2000)

A maior parte do rio Areiãozinho corre a céu aberto, havendo uma pequena parte canalizada. Uma parcela do rio que corre a céu aberto encontra-se sem ou com pouca mata ciliar o que ocasiona assoreamento em alguns pontos do rio.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

O rio Areiãozinho, afluente do Rio Belém, pertence à Bacia do Altíssimo Iguaçu, possui 3,78 km de extensão e sua bacia, genuinamente curitibana, tem 6,28 km<sup>2</sup>. Sua nascente encontra-se no bairro Jardim das Américas, nas proximidades do Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná e tem foz no bairro do Uberaba. É o último afluente na margem esquerda do Rio Belém e situa-se no seu terço inferior da Bacia do Rio Belém (SUDERHSA, 2002).

### **2.2 CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO**

Segundo o sistema de classificação climática de Koppen, Curitiba pertence a uma região que apresenta o tipo climático Cfb que se caracteriza pelo clima temperado, mesotérmico, com verões frescos e sem estação seca definida (IAPAR, 2016) e transita entre a zona tropical e subtropical (SEMA, 2011).

O município de Curitiba está localizado no Bioma Mata Atlântica, em uma região cuja cobertura florestal é predominantemente Floresta Ombrófila Mista (Floresta de Araucária) (SAVI, 2014).

O rio Belém possui 46 afluentes, sendo que os principais são: rio Bigorriho, rio Ivo, rio Água Verde, rio Vila Guaíra e rio Areiãozinho. Por se tratar de uma bacia urbana sofre muitos desequilíbrios ambientais, devido a uma infraestrutura não satisfatória de esgotamento sanitário, por apresentar ocupações irregulares nas margens, ocorrência de resíduos lançados nas margens e no leito do rio, de desmatamento da mata ciliar, alteração na forma original do rio, como a retificação do canal e sua canalização, confinando o seu leito em uma tubulação (BITTAR, 2013).

A bacia do rio Belém é a segunda maior bacia em extensão do município de Curitiba, a primeira é a bacia do Rio Barigui que atende, também, a maior população do município (CURITIBA, 2013).

Toda extensão do rio Areiãozinho está localizada em uma área completamente urbanizada (FIGURA 1), um dos principais motivos pelo qual teve seu leito retificado e perdeu suas curvas, além disso, foi quase totalmente canalizado para dar espaço para as construções e para minimizar problemas com enchentes. Porém, nos trechos em que o rio está canalizado a céu aberto ou em seu estado natural, pode-se observar a presença de ligações clandestinas que despejam esgoto sem tratamento no leito do rio, além da presença de resíduos provenientes da construção civil, calça, bem como lixo eletrônico, eletrodomésticos e móveis.

É recorrente a presença de resíduos no leito de um rio urbanizado o que acarreta em outros problemas, como as constantes inundações e a presença de roedores e insetos que impactam diretamente na qualidade de vida dessa comunidade. A partir de análises laboratoriais Jorge, Hartmann & Gutmann (2015), demonstraram que o Índice de Qualidade da Água - IQA encontrado no Rio Areiãozinho é péssima.

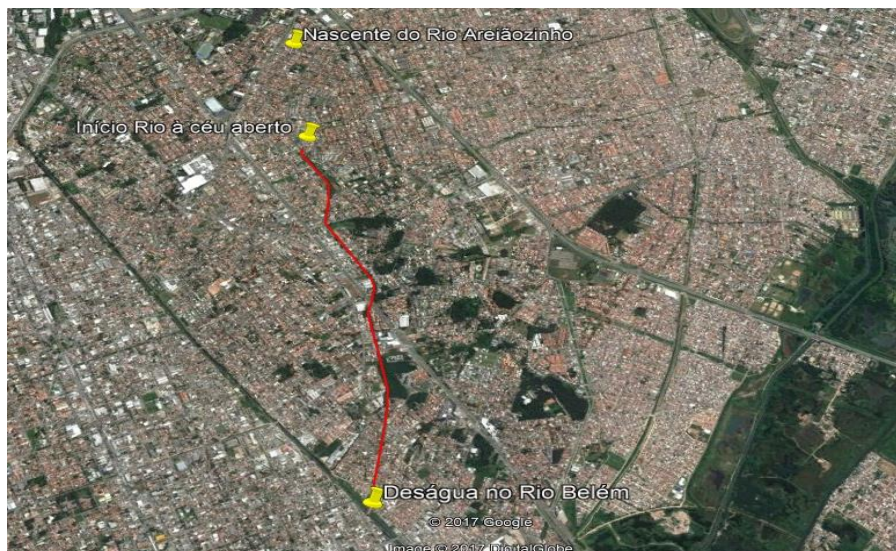


Figura 1 - Imagem dos bairros da bacia do rio Areiãozinho  
Fonte: Google Earth (2018)

Para melhor caracterização, o rio Areiãozinho foi dividido em 5 trechos, quais sejam:

TRECHO1: Inicia na nascente do rio localizada na rua Rodolfo Senf, número 495 no bairro Jardim das Américas esquina com a rua Cel. Joaquim Lacerda, a uma quadra de distância da Av. Francisco H. dos Santos. Segue em direção à Praça Maestro Bento Mossurunga, passa pela rua Pedro Demeterco até alcançar a praça Rui Mizuno, esquina das ruas Dr. Hugo de Barros e Synke Ferreira, e percorre a rua Synke Ferreira do número 614 até o número 1.132. Tem como referência a Igreja do Nazareno como ponto final deste primeiro trecho. O rio percorre todo esse primeiro trecho pelo subterrâneo.

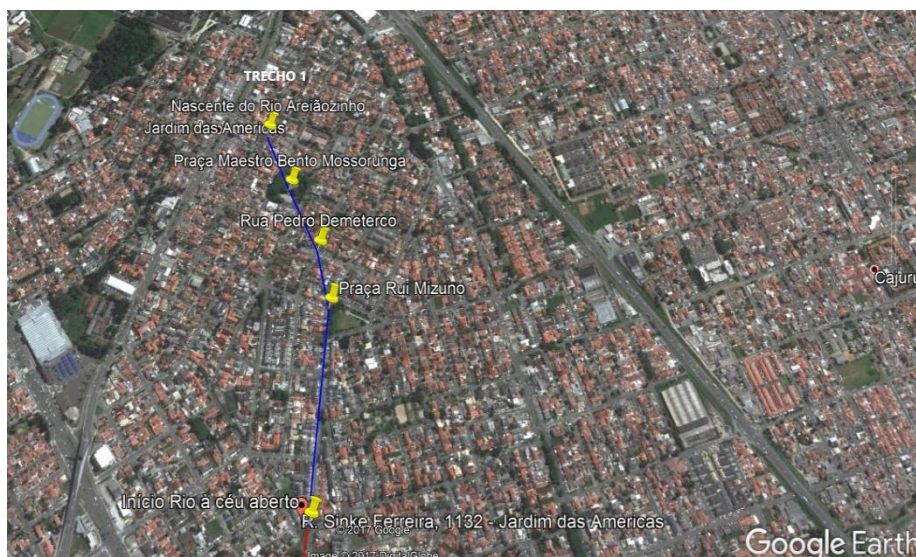


Figura 2 - Trecho 1 do rio Areiãozinho – bairro Jardim das Américas - Curitiba  
 Fonte: Google Earth (2018)

TRECHO 2: Inicia na rua Synke Ferreira número 1.135. Corre em diagonal até cortar a rua Marechal Cardoso Júnior na altura do Colégio Macedinho, segue reto até a rua Saza Lattes.

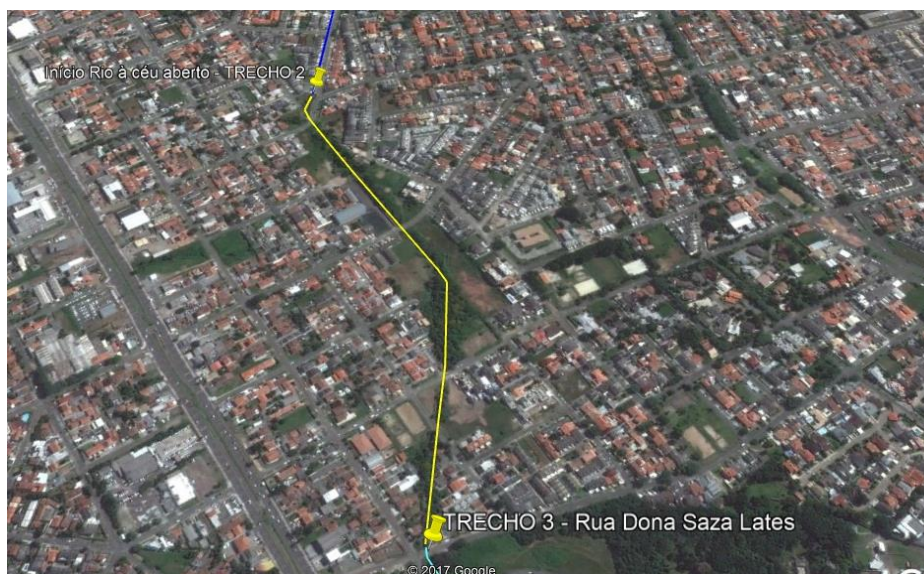


Figura 3 - Trecho 2 do rio Areiãozinho – bairro Jardim das Américas - Curitiba  
 Fonte: Google Earth (2018)

TRECHO 3: Tem início na Rua Dona Saza Lattes esquina com a rua Joaquim Amaral, continua paralelo à rua Maracujás até cortar a Av. das Torres alcançando a lateral do Supermercado Jacomar.

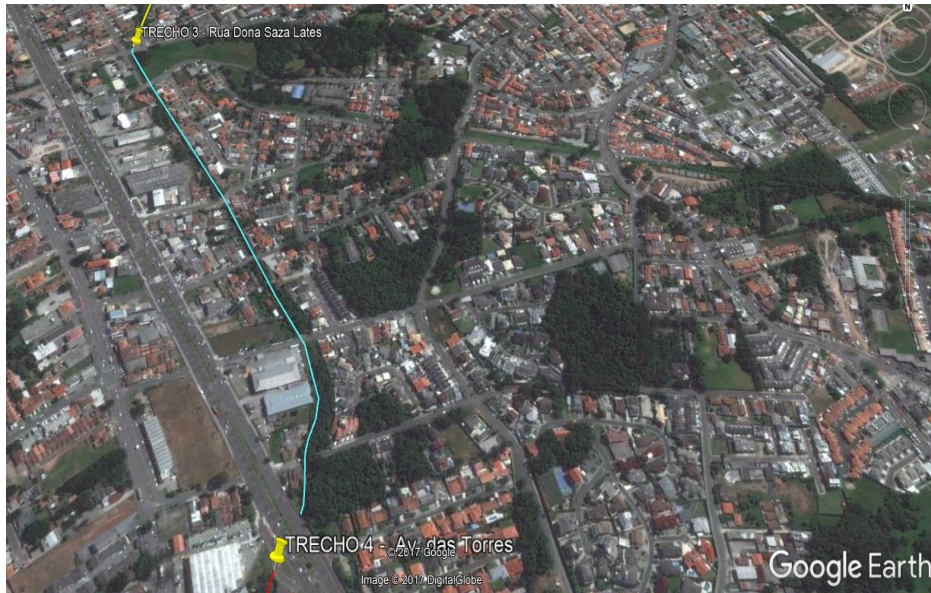


Figura 4 - Trecho 3 do rio Areiãozinho– bairro Jardim das Américas - Curitiba  
Fonte: Google Earth (2018)

TRECHO 4: Une-se a outro córrego na rua de condomínios cortando a rua Henrique Mehl a duas quadras do Supermercado Condor na direção da Av. Salgado Filho. Corre paralelo à Av. Salgado Filho até cortá-la em um desvio à direita logo após o Posto de Saúde do Uberaba. Posteriormente, corta a Av. Salgado Filho no número 5.530.

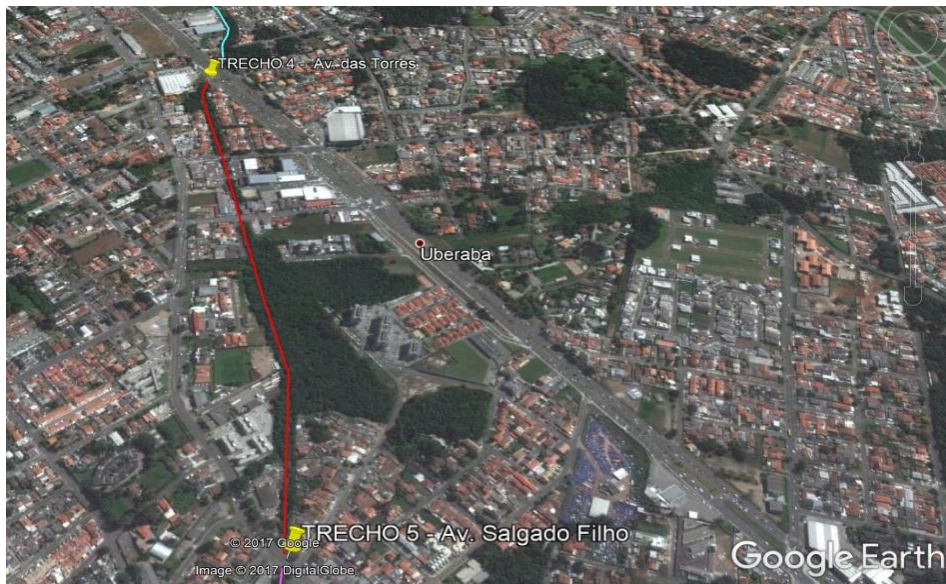


Figura 5 - Trecho 4 do rio Areiãozinho– bairro Jardim das Américas - Curitiba  
Fonte: Google Earth (2018)

TRECHO 5: Corre pelo centro da rua Zulmira Bacila do seu início até desaguar no rio Belém, percorrendo cerca de 500m.

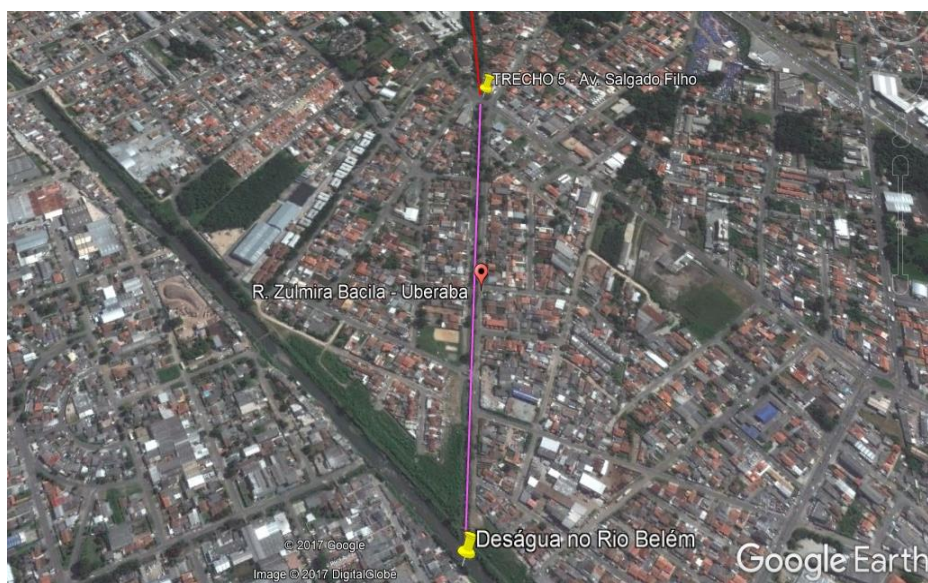


Figura 6 - Trecho 5 do rio Areiãozinho– bairro Jardim das Américas - Curitiba  
Fonte: Google Earth (2018)

A tabela 1 apresenta para cada trecho a estrutura de canalização presente no rio bem como indica a situação de mata ciliar.

Tabela 1 - Descrição do rio Areiãozinho de acordo a presença de estrutura de canalização e mata ciliar - Curitiba

TRECHO	ESTRUTURA PRESENTE NO RIO	MATA CILIAR
1	Totalmente canalizado	Não existe
2	Canalizado a céu aberto	Apresenta mata ciliar
3	Canalizado a céu aberto	Apresenta mata ciliar
4	Canalizado a céu aberto	Apresenta mata ciliar
5	Canalizado a céu aberto	Rara mata ciliar

Fonte: o autor, 2017.

## 2.3 MÉTODO

### 2.3.1 Identificação das espécies presentes na mata ciliar

Todas as espécies identificadas neste trabalho foram classificadas quanto à sua origem: nativas, exóticas e exóticas invasoras. As espécies nativas,

e exóticas foram classificadas conforme Biondi e Muller (2013) e as exóticas invasoras, somente as citadas na Portaria IAP n° 095/2007 (PARANÁ, 2007).

### 2.3.2 Estimativa da biomassa e do estoque de carbono

Realizou-se inventário apenas da primeira parcela do TRECHO 2 conforme FIGURA 7 que vai desde o início do trecho na rua Synke Ferreira número 1.135 até a Rua Francisco Maravilhas.



Figura 7 - Delimitação da área de estudo  
Fonte: Google Earth

Os dados para estimativa do estoque de biomassa e do carbono foram coletados no campo através do método indireto. Devido a inexistência de estudos que avalie a biomassa de arborização urbana e diante da impossibilidade de se realizar inventário por meio direto (destrutivo), buscou-se na literatura uma equação para ecossistemas tropicais e que contemplasse as características edafoclimáticas do município de Curitiba. Assim, a quantificação do estoque de carbono contido na mata ciliar do rio Areiãozinho foi estimada com base na biomassa calculada a partir do parâmetro morfológico diâmetro à altura do peito (DAP) por meio da equação alométrica propostas por Brown *et al.* (1997):

$$y = 21,297 - 6,953 \cdot DAP + 0,740 \cdot DAP^2 \quad \text{eq(1)}$$

Em que:  $y$  é a biomassa por árvore em kg e;

DAP é o diâmetro a 1,3 m de altura do solo, em centímetros.

Neste trabalho, a estimativa da biomassa calculada diz respeito apenas à biomassa acima do solo. Foram mensurados, utilizando fita métrica graduada, todos os 468 indivíduos com circunferência à altura do peito (CAP) acima de 10 cm.

Para a estimativa do teor ou fração de carbono presente na biomassa, considerou-se o padrão do Guia IPCC (2006) que multiplica a biomassa por 0,47. Já para fazer a estimativa de CO<sub>2</sub>e (carbono equivalente) estocado na biomassa, multiplicou-se o carbono pelo fator de expansão 3,67 (PERSON, 2005 apud ZIEMMER, 2014).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como já citado anteriormente, por se tratar de um rio totalmente urbanizado e antropizado, em sua mata ciliar estão presentes espécies nativas, exóticas e exóticas invasoras, conforme apresenta o quadro 1:

ESPÉCIE	NOME POPULAR	ORIGEM	QUANT. DE INDIVÍDUOS
<i>Senna multijuga</i> (Rich.) H.S. Irwin & Barneby	Cássia-multijuga	Nativa	69
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	Aroeira-vermelha	Nativa	67
<i>Psidium guajava</i> Linnaeus, Carl von	Goiabeira	Nativa/ Invasora	52
<i>Ligustrum lucidum</i> W.T. Aiton	Alfeneiro	Exótica invasora	47
<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	Canela-guaicá	Nativa	33
<i>Bauhinia variegata</i> L	Pata-de-vaca	Exótica	31
<i>Mimosa scabrella</i> Benth.	Bracatinga	Nativa	31
<i>Morus nigra</i>	Amoreira	Exótica	25
<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R.Br.	Capororoca	Nativa	20
<i>Eugenia uniflora</i> L.	Pitangueira	Nativa	8
Familia Fabaceae			8
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	Mamica-de-cadela	Nativa	8
<i>Solanum sanctae-catharinae</i> Dunal	Peloteira	Nativa	6
<i>Casearia decandra</i> , <i>Eriobotrya japonica</i> (Amexeira-amarela), <i>Acianthera luteola</i> , <i>Acer palmatum</i> , <i>podocarpus Lambert</i> , <i>Solanum mauritianum</i> , <i>Carica papaya</i> , <i>Cupressus lusitanica</i> , <i>Cinnamomum</i> cf. <i>camphora</i> , <i>Cydonia oblonga</i> , <i>Embaúba</i> , <i>Jacaranda mimosifolia</i> , <i>Citrus limon</i> (exótica invasora), <i>Machaerium</i> , <i>Matayba elaeagnoides</i> , <i>Melia azedarach</i> , <i>Eugenia uniflora</i> L., <b><i>Pinus elliottii</i></b> , <i>Ricinus communis</i> , <i>Sebastiania commersoniana</i> . <i>Senna macranthera</i> (Chuva-de-ouro – Nativa)			≤5

Quadro 1-Espécies encontradas na mata ciliar do rio Areiãozinho  
Fonte: a autora, 2017

Foi inventariado um total de 468 indivíduos que estão distribuídos na primeira parte do TRECHO 2 do rio Areiãozinho. As 5 primeiras espécies mais recorrentes (na ordem: cássia multijuga, aroeira-vermelha, goiabeira, alfeneiro e canela-guaicá) representam 57% de todas as espécies identificadas. Sendo,

dentre essas cinco, 63% das espécies são nativas, 19% são invasoras e 18% exóticas invasoras.

Neste trabalho, a espécie *Psidium guajava* (goiabeira) foi considerada invasora conforme classifica a Portaria IAP nº 095/2007 (PARANÁ, 2007), embora seja uma espécie nativa (BIONDI; MULLER, 2013).

Observou-se que há predominância de espécies nativas na área inventariada. A goiabeira e o alfeneiro foram as espécies invasoras mais encontradas. Pode-se, também, destacar que foi encontrado um exemplar de *Pinus elliottii*, considerada uma espécie invasora.

A restauração à condição original de um ecossistema ciliar de um rio totalmente urbanizado, que sofreu elevado grau de intervenções, não só em sua vegetação como também no percurso de seu leito, é praticamente impossível, no entanto, se faz premente, através de projetos e ações constantes, a reconstituição às condições pelo menos próximas às originais dessa mata ciliar.

Partindo dessa premissa, é importante que seja feita uma seleção adequada das espécies a serem usadas para o reflorestamento, bem como o conhecimento sobre as condições das margens dos rios e as interações entre as espécies escolhidas e o sítio, levando-se sempre em consideração a função ecológica que aquela espécie está desempenhando no local mesmo tratando-se de espécies exóticas/invasoras. Outro fator a se considerar é a paisagem, uma vez que o rio se encontra em um ambiente urbano (FERREIRA, 2009).

Diante do cenário preocupante que as mudanças climáticas têm apresentado atualmente, a recuperação de áreas ribeirinhas urbanas que possibilite não só conforto ambiental para a população dos centros urbanos como também sirva como atenuante à questão do aquecimento global.

Considerando 0,53 ha de área total de mata ciliar do trecho inventariado, conforme delimitado na FIGURA 8, foi feito o cálculo da biomassa de cada indivíduo e posteriormente a biomassa total do trecho.

Para tal cálculo, utilizou-se a equação (1):  $y = 21,297 - 6,953 \cdot DAP + 0,740 \cdot DAP^2$ .

Encontrou-se um valor de 39,24 t de biomassa total nos 0,53 hectare, ou 74,04 t.ha<sup>-1</sup> de biomassa. Utilizou-se o teor ou fração de carbono 0,47 para estimar o carbono presente na biomassa total, obtendo-se o valor de 18,44 t, ou 34,80 t.ha<sup>-1</sup>.

Os 0,53 ha foram encontrados delimitando-se visualmente a área de mata ciliar conforme mostra a FIGURA 8, através do programa Google Earth que permite calcular uma determinada área selecionada.



Figura 8 -Área Inventariada  
Fonte: Google Earth (2017)

Em projetos que visam o mercado de carbono o cálculo do estoque de carbono é expresso em carbono equivalente ou seja a quantidade de CO<sub>2</sub> absorvido, para tanto, multiplicou-se o carbono encontrado por 3,67. Assim, estimou-se um valor de 67,19 t de CO<sub>2</sub> absorvido nos 0,53 ha inventariado, ou seja, 127,72 t.ha<sup>-1</sup> de CO<sub>2</sub>e absorvido.

A FIGURA 9 mostra a dinâmica temporal de desenvolvimento da mata ciliar do rio Areiãozinho ocorrida no período de treze anos. Pode-se observar que houve uma grande recuperação entre os anos de 2004 a 2009. Essa recuperação se deu sem intervenção humana, posto que se deu de forma natural.

Dinâmica temporal do desenvolvimento da  
mata ciliar do Rio Areiãozinho



**Legenda**

 Faixa de mata ciliar analisada



Imagens: Google Earth

Figura 9 - Dinâmica temporal do desenvolvimento da mata ciliar do Areiãozinho  
Fonte: Google Earth

#### **4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

Pode-se verificar no trecho onde foi realizado o inventário que apesar de a mata ciliar apresentar espécies invasoras, a maioria das espécies são nativas.

A biomassa total estimada nos 0,53 hectares foi de 39,24 t, que equivale a 74,04 t<sup>-1</sup> e a estimativa de dióxido de carbono absorvido para esse trecho da mata ciliar do rio Areiãozinho foi de 67,19 t, o que equivale a 127,72 t.ha<sup>-1</sup> de CO<sub>2</sub> estocado.

Os resultados sugerem que se faça um estudo sobre a renaturalização do rio, favorecendo o aumento de área de mata ciliar consequentemente maior fixação de carbono por hectare.

## 5. REFERÊNCIAS

BARBOSA, R. *et al.* Produção e sequestro de carbono na atmosfera. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, Goiânia: v.9, n.16; p.1783, 2013.

BIONDI, D.; MULLER, E. Espécies arbóreas invasoras no paisagismo dos parques urbanos de Curitiba, PR. **FLORESTA**, Curitiba, PR, v. 43, n. 1, p. 69 - 82, 2013.

BITTAR, J.B.P. **Desenho urbano e meio ambiente na relação entre corpos hídricos e obras de prevenção a inundação. Estudos de caso em Curitiba – Paraná.** 2013. 157p. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Construção Civil) – UFPR, Curitiba, 2013.

BRACARENSE, P. **Esverdeamento dos empregos pela via do desenvolvimento sustentável.** Curitiba: Editora Prismas, 2017.

BRASIL. Lei nº 10.438, de 26 de Abril de 2002. Dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial, recomposição tarifária extraordinária, cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE), dispõe sobre a universalização do serviço público de energia elétrica, dá nova redação às Leis nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, nº 9.648, de 27 de maio de 1998, nº 3.890-A, de 25 de abril de 1961, nº 5.655, de 20 de maio de 1971, nº 5.899, de 5 de julho de 1973, nº 9.991, de 24 de julho de 2000, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 26 de abril de 2002; 181º da Independência e 114º da República. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/2002/L10438.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/2002/L10438.htm)>. Acessado em: 01/12/2016.

BRASIL. Lei nº 12.6541, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. **Diário Oficial da União**, Brasília, 25 de maio de 2012; 191º a Independência e 124º a República. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm). Acessado em: 01/12/2016.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Relatório final de 2016 do balanço energético nacional.** Rio de Janeiro, 2016. 292 p.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético. **Energia Eólica no Brasil e no Mundo.** Disponível em:

<[http://www.mme.gov.br/documents/10584/3894319/Energia+E%C3%B3lica+-+ano+ref++2015+\(3\).pdf/f5ca897d-bc63-400c-9389-582cd4f00ea2](http://www.mme.gov.br/documents/10584/3894319/Energia+E%C3%B3lica+-+ano+ref++2015+(3).pdf/f5ca897d-bc63-400c-9389-582cd4f00ea2)>. Acessado em: 01/12/2016.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Construção Sustentável**. Disponível em: <<http://www.ambiente.gov.br/cidades-sustentaveis/urbanismo-sustentavel/constru%C3%A7%C3%A3o-sustent%C3%A1vel>>. Acessado em: 01/12/2016.

**Capacidade do Sistema Atual e Medidas de Controle de Cheias**. Curitiba: SUDERHSA, 2002. p.377. Relatório Final-Volume 4.

BROWN, S. 1997. **Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a primer**. FAO Forestry Paper 134, Rome, Italy.

CENTRO DE ESTRATÉGIAS EM RECURSOS NATURAIS E ENERGIA. **A indústria dos ventos e o Rio Grande do Norte**. Disponível em: <<http://cerne.org.br/pdfs/CartilhaEolicaCERNE2014.pdf>>. Acessado em: 23/11/2016.

COSTA, K.M. **O estoque de carbono na vegetação e no solo em fragmentos florestais de paisagens tropicais**. 2015. 66p. Dissertação (Mestrado em Ciências, área Ecologia), Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

CUNHA, L.C.C; SIQUEIRA, R.A.C. Aspectos sustentáveis da construção de uma subestação no interior da Bahia. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 4, 2013, Salvador. **Anais do Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**. Disponível em: <<http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2013/VII-028.pdf>>. Acessado em: 23/11/2016.

CURITIBA, PREFEITURA DA CIDADE. **Plano Municipal de Saneamento Básico 2013**. Disponível em: <http://multimidia.curitiba.pr.gov.br/2013/00142053.pdf>. Acessado em: 23/11/2016.

DAMASCENO, A. C. F. **Manual sobre restauração de matas ciliares**. Salvador, 2011. 70p. Produto 3. Disponível em: [http://www.iicabr.iica.org.br/wp-content/uploads/2016/09/PRODUTO-3-Andr%C3%A9ia-Damasceno1\\_Recupera%C3%A7%C3%A3o-Matas-Ciliares.pdf](http://www.iicabr.iica.org.br/wp-content/uploads/2016/09/PRODUTO-3-Andr%C3%A9ia-Damasceno1_Recupera%C3%A7%C3%A3o-Matas-Ciliares.pdf). Acessado em: 13/03/2017.

FERREIRA, W. C. **Estoque de biomassa e carbono e parâmetros indicadores de recuperação de mata ciliar**. 2009. 163p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal), Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, 2009.

FRANCA-ROCHA, W. et al. Levantamento da cobertura vegetal e do uso do solo do Bioma Caatinga. IN: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13, 2007, Florianópolis. **Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. INPE, p. 2629-2636.

KAGEYAMA, P. & GANDARA, F. B. Recuperação de áreas ciliares. P. 249-269. In: Rodrigues, R. R. & Leitão Filho, H. F. (eds.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. EDUSP, São Paulo, 2000.

JORGE, M. T.E.; HARTMANN, R.; GUTMANN, M. M. **Renascentes – Programa de Despoluição Hídrica – PDH**. In: XIX Exposição de Experiências Municipais em Saneamento, 2015, Poços de Caldas-MG. ASSEMAE, 2015.

IAPAR. **Cartas Climáticas do Paraná**. Disponível em: <http://www.iapar.br/pagina-863.html>. Acessado em: 10/11/2016.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **2006 IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories**. Kayama: Institute for Global Environmental Strategies (IGES), 2006.

MARTINS, O.S. **Determinação do potencial de seqüestro de carbono na recuperação de matas ciliares na região de São Carlos – SP**. 2005. 136p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), UFSCar, São Paulo, São Carlos, 2005.

PARANÁ. Instituto Ambiental do Paraná. Portaria IAP nº 074, de 22 de maio de 2007. **Reconhece a Lista Oficial de Espécies Exóticas Invasoras para o estado do Paraná, estabelece normas de controle e dá outras providências**. Curitiba, 22 maio 2007.

SANQUETTA, C.R. Metodologias para determinação de biomassa florestal. In: SANQUETTA, C.R.; WATZLAWICK, L.F.; BALBINOT, R.; ZILLOTTO, M.A.B.; GOMES, F. dos S. **As florestas e o carbono**. Curitiba: UFPR, 2002. 264p.

SANQUETTA, C. R.; BALBINOT, R. Métodos de determinação de biomassa florestal. In: SANQUETTA, C. R. et al. (Eds.). **Fixação de carbono: atualidades, projetos e pesquisas**. Curitiba: [s.n.], 2004, p. 47-63.

SAVI, M. **Análise da distribuição das unidades de conservação do município de Curitiba – PR.** 2014. 188p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

SATTLER, M. **Sustentabilidade: a construção fazendo a sua parte.** Conselho em Revista – Matérias, nº33. Rio Grande do Sul, 2007. Disponível em: <<http://www.crea-rs.org.br/site/arquivo/revistas/ed33.pdf>>. Acessado em: 23/11/2016.

URBANO, E. **Quantificação e estimativa da biomassa aérea e do carbono fixado em árvores de Bracatingais nativos da região Metropolitana de Curitiba.** 2007.160p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

ZIEMMER, J.K. **Quantificação de biomassa, estoque e teores de carbono em duas espécies de pteridófitas arborescentes da floresta ombrófila mista.** 2014. 34p. Monografia (Especialização em Projetos Sustentáveis, Mudanças Climáticas-PECCA). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

YU, C.M. **Sequestro florestal de carbono no Brasil. Dimensões políticas, socioeconômicas e ecológicas.** Curitiba: Annablume, 2004.