

# **DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL PARA SEQUESTRO DE CARBONO EQUIVALENTE NO INPE DE CACHOEIRA PAULISTA COM O USO DE GEOTECNOLOGIAS**

**Thaís dos Santos Moraes**

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE  
Escola de Engenharia de Lorena/Universidade de São Paulo – EEL/USP

thais.moraes@inpe.br, thaismoraes4@gmail.com

**Prof. Dr. Luiz Tadeu da Silva**

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE

luiz.tadeu@inpe.br, luiz.tadeu.silva@gmail.com

**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Danúbia Caporusso Bargas**

Escola de Engenharia de Lorena/Universidade de São Paulo – EEL/USP

danubiacbargas@usp.br

**Débora Luisa Silva Teixeira**

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE

debora.teixeira@inpe.br, deboralsteixeira@gmail.com

**Luan Moreira Grilo**

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE

luan.grilo@inpe.br, luanmgrilo@gmail.com

**Irving Rodrigues de Souza**

Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá – FEG/UNESP

irvingrods@gmail.com

## **1. Introdução**

A área que compreende o Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE) de Cachoeira Paulista é ampla e apresenta uma grande quantidade de vegetação, nascentes, rios e lagos em toda sua extensão.

A presença de áreas com cobertura vegetal no INPE de Cachoeira Paulista contribui com a retirada do C (carbono) da atmosfera na forma de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono). O sequestro de C

através do reflorestamento é uma opção para diminuir as emissões de gases do efeito estufa (GEE) no bioma Mata Atlântica (CARVALHO *et al.*, 2010).

A estimativa de sequestro de gases do efeito estufa foi feita em dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2eq</sub>). A expressão inclui dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). O CO<sub>2eq</sub> é o resultado da multiplicação da quantidade emitida do GEE pelo seu potencial de aquecimento global. O CO<sub>2</sub>-equivalente do metano, por exemplo, é igual a 21, pois o potencial de aquecimento global do gás metano é 21 vezes maior do que o potencial do CO<sub>2</sub> (CETESB, 2017).

A proporção de imobilização dos poluentes pela vegetação está relacionada ao seu estágio de desenvolvimento. A remoção acontece em maiores proporções quando as árvores são jovens e em fase de crescimento, posteriormente, a absorção é reduzida e a vegetação entra em fase de equilíbrio dinâmico (CARVALHO *et al.*, 2010).

O objetivo do trabalho foi estimar o potencial de sequestro de carbono equivalente da área do INPE de Cachoeira Paulista, a partir do mapeamento das formas de uso da terra elaborado com o uso de geotecnologias.

**Palavras chave:** Mapeamento, Uso da terra, Sequestro de dióxido de carbono equivalente.

## **2. Metodologia**

A metodologia aplicada para o alcance dos objetivos propostos consiste na descrição e caracterização da área, seguida pela coleta e organização dos dados cartográficos digitais que possibilitaram a confecção de mapas temáticos de APP e de formas de uso e cobertura da terra. A partir das informações obtidas da vegetação, foi calculada a quantidade estimada de gás carbônico equivalente (CO<sub>2eq</sub>) sequestrado pelas árvores.

### **2.1. Descrição da área**

O INPE de Cachoeira Paulista se localiza na região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte. O local está situado na zona rural do município de Cachoeira Paulista, apresentando uma área correspondente à aproximadamente 10,351 km<sup>2</sup>. A região é caracterizada pelo Bioma Mata Atlântica e apresenta grande parte de sua área coberta por vegetação natural.

### **2.2. Mapeamento e análises**

Foi realizada a coleta de dados digitais do INPE de Cachoeira Paulista, como a planta da área e a hidrografia, que possibilitaram seu georreferenciamento.

A área foi mapeada com o uso do Software ArcGis® 10.5 a partir de vetorização em tela e interpretação de imagens disponíveis no *Basemap*. Com o mapeamento e os dados obtidos foram elaborados mapas temáticos de APP e de formas de uso e cobertura da terra.

Foram identificadas as classes de cobertura da terra existentes, as quais foram classificadas como: corpos d'água; cobertura vegetal; e superfícies construídas; e subdivididas em diferentes subclasses: cursos d'água; lagos; vegetação campestre; vegetação arbórea nativa; pinos e eucaliptos; construção civil; vias pavimentadas; e vias não pavimentadas. As áreas correspondentes a cada subclasse foram calculadas em km<sup>2</sup> e para a delimitação da vegetação arbórea foi considerada a área ocupada pelas copas das árvores.

Com o mapeamento dos lagos e os dados dos cursos d'água presentes na área de estudos foram delimitadas as APP hídricas presentes na área do INPE de Cachoeira Paulista, a partir da determinação de áreas de abrangências (*buffers*). O Capítulo II da Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012, dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e estabelece normas de delimitação das áreas de preservação permanente, estabelecendo um raio mínimo de 50 metros em torno de nascentes; 50 metros ao redor de lagos, em zonas rurais, com até 20 hectares de superfície; e 30 metros de faixas marginais para cursos d'água de menos de 10 metros de largura.

### **2.3. Potencial de sequestro de carbono no INPE de Cachoeira Paulista**

A metodologia utilizada para a determinação da quantidade de CO<sub>2eq</sub> neutralizada foi feita a partir de informações apresentadas no estudo realizado por Lacerda *et al.* (2009), da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ) da Universidade de São Paulo, onde foi estimada a quantidade, em massa, de CO<sub>2</sub>-equivalente removido da atmosfera por cada árvore.

Conforme Lacerda *et al.* (2009), o estudo teve como base a determinação da biomassa e os teores de carbono orgânico para tronco e galhada de seis espécies utilizadas amplamente para fins de restauração no Estado de São Paulo. Foram selecionadas 4 áreas com plantios, considerando critérios como as variações existentes entre as produtividades visuais, a localização em diferentes condições ecológicas, as áreas com maiores extensões de plantio, a idade e os recursos disponíveis para a realização da coleta de dados em campo. Com atitude conservadora, o índice de neutralização de CO<sub>2</sub> equivalente eleito pelo trabalho foi o menor verificado entre todos os povoamentos medidos, observado nos plantios de Valparaíso-SP.

A quantidade de árvores existentes no INPE de Cachoeira Paulista foi estimada a partir da área total de vegetação arbórea estabelecida pelo mapeamento e da área ocupada pela copa de

cada árvore, enquanto que a média da área das copas foi obtida com base nas medições em cinco amostras.

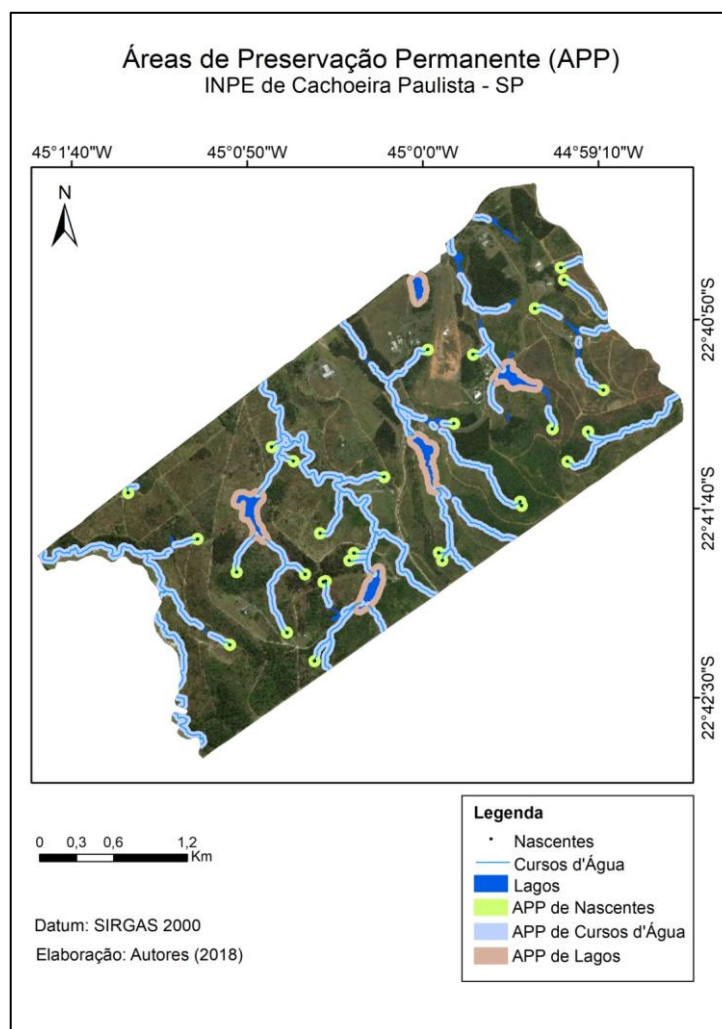
Visando demonstrar os benefícios do sequestro de carbono que podem proporcionar para a cidade onde o INPE está instalado, foi estimada a proporção equivalente às emissões de CO<sub>2eq</sub> de origem veicular pela população de Cachoeira Paulista. As informações foram obtidas pelo Relatório de Emissões Veiculares no Estado de São Paulo da CETESB (2017), onde foi considerado o valor da emissão veicular de GEE na Região do Vale do Paraíba. As informações possibilitaram a criação de um índice de emissão por habitante com base no censo do IBGE (2010).

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1. Mapeamento e análises

Com base nas delimitações definidas na legislação, as APP das nascentes, lagos e cursos d'água foram mapeados como mostra a Figura 1.

Figura 1 – Mapa de APP do INPE de Cachoeira Paulista



Fonte: Autores (2018).

A partir do mapeamento realizado por imagens de satélite e com base nas informações dos cursos d'água coletados da planta do INPE de Cachoeira Paulista, foi possível verificar a presença de 28 nascentes.

As áreas correspondentes a cada subclasse das formas de uso e cobertura da terra foram calculadas pelo Software ArcGis<sup>®</sup> 10.5 e os dados tratados e apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Formas de uso e cobertura da terra do INPE de Cachoeira Paulista

<b>PROPOSTA DE CLASSIFICAÇÃO DE USO E COBERTURA DA TERRA E SUAS RESPECTIVAS ÁREAS</b>			
<b>Classes</b>	<b>Níveis</b>	<b>Subclasses</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>
<b>1. Corpos d'Águas</b>	1.1. Cursos d'Água	1.1.1. Cursos d'Água	-
	1.2. Reservatório	1.2.1. Lago	1,574
<b>2. Cobertura Vegetal</b>	2.1. Natural	2.1.1. Vegetação campestre	6,584
		2.1.2. Vegetação arbórea nativa	2,255
	2.2. Plantada	2.2.1. Pinos e Eucaliptos	0,815
	<b>3. Superfície Construída</b>	3.1. Construção civil	3.1.1. Construção civil
3.2. Vias		3.2.1. Vias pavimentadas	0,149
		3.2.2. Vias não pavimentadas	0,315
<b>Área Total</b>			<b>10,351</b>

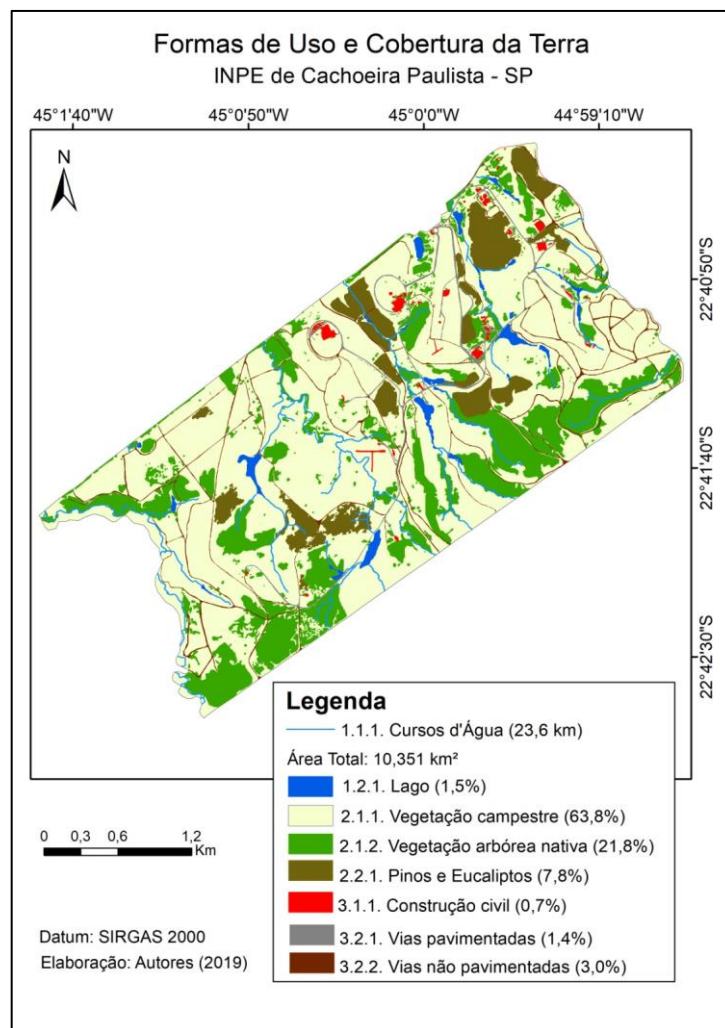
Fonte: Autores (2019).

A partir do mapeamento realizado observou-se que o local possui uma predominância de cobertura vegetal, sendo a maior parte, 63,8% da área total, composta por vegetação campestre (Figura 2).

Na Figura 2 observa-se que a região também apresentou grandes quantidades de vegetação arbórea nativa e plantações de pinos e eucaliptos, correspondendo a 21,8% e 7,8%, respectivamente.

As demais subclasses se encontraram em porcentagens menores como pode ser observado na Figura 2.

Figura 2 – Mapa de uso e cobertura da terra do INPE de Cachoeira Paulista



Fonte: Autores (2019).

### 3.2. Potencial de sequestro de carbono no INPE de Cachoeira Paulista

De acordo com Lacerda *et al.* (2009), o estudo realizado concluiu que são absorvidos 140 kg de CO<sub>2</sub> equivalente por uma árvore em 20 anos, ou seja, em média 7 Kg de CO<sub>2</sub> equivalente por ano.

Os valores das amostras das áreas das copas das árvores do INPE estão dispostos na Tabela 2.

Tabela 2 - Média das áreas cobertas pelas copas das árvores das áreas do INPE de Cachoeira Paulista

Amostras de árvores das áreas do INPE de Cachoeira Paulista						
Amostras	1	2	3	4	5	Média (m <sup>2</sup> )
Área da copa (m <sup>2</sup> )	35,34	59,99	81,70	36,26	32,31	49,12

Fonte: Autores (2019).

Sabendo que cada copa de árvore ocupa uma média de 49,12 m<sup>2</sup> e que a área ocupada pelo total de copas é de 3.069.712 m<sup>2</sup>, existe na área do INPE de Cachoeira Paulista cerca de 62.494 árvores, as quais retiram da atmosfera uma quantidade aproximada de 437,458 Kg de CO<sub>2</sub> equivalente anualmente.

A participação do município de Cachoeira Paulista na emissão de CO<sub>2</sub> equivalente foi estimada de acordo com a CETESB (2017), quando neste mesmo ano, calculou tal emissão pelo uso de veículos para todos os municípios da Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte (RMVP). Com o número da população informada pelo censo de 2010 do IBGE foi calculado o índice de emissão de CO<sub>2</sub> equivalente por habitante e por ano na RMVP (Tabela 3). O índice encontrado foi aplicado à população de Cachoeira Paulista e tais estimativas de emissão e redução de CO<sub>2</sub> equivalente na atmosfera encontram-se na Tabela 4.

Tabela 3 – Índice de emissão de CO<sub>2</sub> equivalente na RMVP

<b>Emissão na RMVP (Kg de CO<sub>2</sub>eq/ano)</b>	<b>População da RMVP (hab.)</b>	<b>Índice de emissão (Kg de CO<sub>2</sub>eq/hab. ano)</b>
2,572 x 10 <sup>9</sup>	2.326.760	1.105,4

Fonte: CETESB (2017) e IBGE (2010).

Tabela 4 – Emissão e redução de CO<sub>2</sub> equivalente em Cachoeira Paulista

<b>Emissão por habitante (Kg de CO<sub>2</sub>eq/hab. ano)</b>	<b>População de Cachoeira Paulista (hab.)</b>	<b>Emissão de CO<sub>2</sub>eq em Cachoeira Paulista (Kg de CO<sub>2</sub>eq/ano)</b>	<b>Redução de CO<sub>2</sub>eq no INPE de Cachoeira Paulista (Kg de CO<sub>2</sub>eq/ano)</b>
1.105,4	30.091	33.262.584,88	437,458

Fonte: CETESB (2017), IBGE (2010) e Autores (2019).

O potencial de sequestro de GEE foi determinado com base na vegetação arbórea presente no INPE de Cachoeira Paulista. A vegetação campestre e outros meios de absorção do gás não foram considerados no cálculo. De acordo com IBGE (2010), o município de Cachoeira Paulista se estende por 288 km<sup>2</sup>, o que implica que o INPE implantado na cidade representa 3,6% da área total.

#### 4. Conclusões

Com a realização deste trabalho pôde-se obter o georreferenciamento da área que compreende o INPE de Cachoeira Paulista e de sua hidrografia. Também foi possível identificar e analisar as classes de uso e cobertura da terra existentes no local, além de determinar a disposição das APP.

Verificou-se que 93,4% da área de estudo é composta por cobertura vegetal, o que reflete em diversos benefícios ambientais, como é o caso do sequestro de carbono. Ao analisar a vegetação arbórea presente foi possível estimar que sua capacidade de retirada de CO<sub>2</sub> equivalente da atmosfera é de aproximadamente 437,458 Kg anualmente.

A metodologia aplicada com o uso de geotecnologias foi satisfatória para o alcance dos objetivos propostos. Em etapas posteriores serão realizadas verificações *in loco* para análises mais efetivas.

A realização do trabalho possibilitou o conhecimento de toda a área e seus resultados podem auxiliar em diversos projetos futuros.

### **Agradecimentos**

Este trabalho contou com apoio do CNPq pela concessão de Bolsa de Iniciação Científica PIBIC à Thaís dos Santos Moraes.

### **5. Referências:**

CARVALHO, João Luis Nunes et al. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s.l.], v. 34, n. 2, p.277-290, abr. 2010. Disponível em:

<http://dx.doi.org/10.1590/s0100-06832010000200001>. Acesso em 27 mar. 2019.

CETESB. **Emissões Veiculares no Estado de São Paulo**. São Paulo, 2017. Disponível em:

<<https://cetesb.sp.gov.br/veicular/wp-content/uploads/sites/6/2019/02/Relat%C3%B3rio-Emiss%C3%B5es-Veiculares-2017.pdf>>. Acesso em: 02 abr. 2019.

IBGE. **Censo 2010**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/cachoeira-paulista/panorama>>. Acesso em: 02 abr. 2019.

LACERDA, Jeanicolau Simone de et al. **Estimativa da Biomassa e Carbono em Áreas Restauradas com Plantio de Essências Nativas**. 2009. Disponível em:

<<http://cmq.esalq.usp.br/wiki/lib/exe/fetch.php?media=publico:metrvm:metrvm-2009-n05.pdf>>. Acesso em: 05 abr. 2019.