



Valoração da cobertura vegetal da arborização urbana quanto ao sequestro de carbono da região geográfica de Princesa Isabel, Paraíba

Ingrid Carla Ferreira de Lima¹, Laíze Jorge da Costa¹

RESUMO: Os serviços ecossistêmicos prestados por espaços verdes em áreas urbanas são de extrema importância para a manutenção da sadia qualidade de vida da população. Com o avanço da preocupação global acerca dos efeitos das mudanças climáticas, avaliar e valorar os estoques de carbono, serviços ecossistêmicos prestados também pelas áreas verdes presentes nas zonas urbanas, torna-se fundamental para a mitigação do aquecimento global. Com propósito de investigar os benefícios das áreas verdes em ambientes urbanos, esse trabalho objetivou-se valorar a cobertura vegetal das áreas verdes urbanas em cinco cidades do semiárido da Paraíba quanto ao serviço ecossistêmico de sequestro de carbono, visando demonstrar a importância da valoração desses espaços no fornecimento atual e futuro de serviços ecossistêmicos. O estudo foi realizado na região imediata de Princesa Isabel, Paraíba, que compreende os municípios de Princesa Isabel, Juru, Tavares, Manaíra e São José de Princesa. Para realizar a avaliação da atual cobertura do solo de cada praça e a estimativa da arborização e o estoque de carbono para cada cidade inserida na presente pesquisa, utilizou-se a plataforma do *I-Tree Canopy* de forma *online* que permite quantificar o uso e cobertura do solo em uma determinada área com base em imagens do *Google Earth*. Realizou-se a análise da atual situação da cobertura do solo através da ferramenta *I-Tree Canopy*, em que foram atribuídos pontos aleatórios e estes foram avaliados e classificados conforme o seu tipo de cobertura. Foram levantadas o total de 32 áreas verdes nos cinco municípios avaliados. Verificou-se um índice de área verde por habitante abaixo do recomendado pela Organização Mundial da Saúde e pela Sociedade Brasileira de Arborização Urbana para uma melhor qualidade de vida e bem-estar da população urbana. Os resultados demonstraram que se os municípios avaliados atenderem os 15 m²/habitante, mínimo recomendado de área verde, os estoques de carbono e a valoração poderiam aumentar em média 26 vezes. Esses resultados enfatizam a importância da ampliação das áreas verdes urbanas, bem como um melhor planejamento e gestão adequada desses espaços, buscando maximizar seus benefícios ambientais, sociais e econômicos, o que pode gerar renda para os municípios através do pagamento por serviços ambientais.

Palavras-chave: Dióxido de carbono equivalente; Serviços ecossistêmicos; Florestas urbanas; i-Tree Canopy;

Valuation of Carbon Stocks in Urban Tree Cover of the Geographic Region of Princesa Isabel, Paraíba

ABSTRACT: Green spaces in urban areas play an extremely important role in maintaining a healthy quality of life for the urban population. As global concerns about the effects of climate change continue to grow, evaluating and valuing carbon stocks and ecosystem services provided by urban green areas also becomes crucial for mitigating global warming. This study aimed to investigate the benefits of green areas in urban environments by evaluating the vegetation cover and carbon stocks of urban green spaces in five cities within the semi-arid region of Paraíba. The objective was to demonstrate the significance of valuing these spaces in terms of both current and future provisioning of ecosystem services. The study took place in the immediate region of Princesa Isabel, Paraíba, covering the municipalities of Princesa Isabel, Juru, Tavares, Manaíra, and São José de Princesa. To assess the current ground cover of each green area and estimate tree coverage and carbon stock for each city included in this research, we utilized the online *I-Tree Canopy* platform. This platform allows us to quantify land use and ground cover in a specific area based on *Google Earth* images. We analyzed the current ground cover situation using the *I-Tree Canopy* tool, assigning random points and evaluating and classifying them according to their respective cover types. We surveyed a total of 32 green areas across the five evaluated municipalities. We found an index of green area per inhabitant to be below the recommendations set by the World Health Organization and the Brazilian Society of Urban Arboriculture for enhancing the quality of life and well-being of the urban population. The results demonstrated that if the assessed municipalities were to meet the recommended minimum of 15 m² per inhabitant of green area, carbon stocks and valuation could potentially increase on average by a factor of 26. These findings emphasize the importance of expanding urban green spaces, as well as improving planning and appropriately managing these areas, to maximize their environmental, social, and economic benefits. This could potentially generate income for municipalities through payment for environmental services.

Keywords: Equivalent carbon dioxide; Ecosystem services; Urban forests; i-Tree Canopy;

INTRODUÇÃO

Os eventos extremos de clima, como secas relacionadas às mudanças climáticas têm impactado severas, inundações, ondas de calor, deslizamentos, diretamente a vida no planeta, sendo mais presente

Recebido em 14/11/2023; Aceito para publicação em 13/05/2024

¹ Universidade Federal do Semi-Árido

*email: ingridcarla621@gmail.com

através da interferência do homem, principalmente depois da Revolução Industrial, constata-se a controvérsia entre a qualidade de vida e o desenvolvimento econômico, em que a necessidade de uma atenção maior a questão da degradação ambiental tornou-se mais presente (Blank, 2015).

As projeções indicam que os serviços ecossistêmicos serão impactados, afetando diretamente a produção de alimentos, a saúde humana e a sobrevivência de outras espécies, ou seja, a vida na Terra (Banco Mundial, 2009). Neste sentido, medidas para contornar ou amenizar os efeitos do aquecimento global vem sendo discutidas e tomadas por países no mundo. Entre elas, a promoção de cidades inclusivas e sustentáveis com as florestas urbanas como aliadas na eficácia dos serviços ecossistêmicos podem ser destacadas.

Os serviços ecossistêmicos prestados por espaços verdes em áreas urbanas são de extrema importância para a manutenção da sadia qualidade de vida da população e/ou benefícios prestados à estrutura das cidades em si. Tais benefícios dos espaços verdes são a manutenção da qualidade e umidade do ar, sequestro de carbono, melhoria do microclima, diminuição de índices de ilhas de calor, manutenção da biodiversidade urbana, diminuição de ruídos, entre outros (Gaudereto *et al.*, 2018). Esses benefícios são ainda mais relevantes para cidades de região semiárida, visto que apresentam altas temperaturas e taxas de evapotranspiração.

A regulação do ambiente urbano é fundamentada na composição e estrutura das florestas urbanas que trazem benefícios ecológicos. Observar como os diferentes tipos de espaços verdes urbanos afetam o desempenho dos serviços ecossistêmicos provavelmente auxiliará os desenvolvedores de políticas e planejadores urbanos a otimizar a organização dos espaços verdes e aumentar a provisão desses serviços.

A valoração dos recursos ambientais em áreas urbanas auxilia o desenvolvimento sustentável, uma

vez que o ser humano tende a utilizar de maneira mais racional aquilo que possui valores monetários (Pearce, 1992). Além disso, a valorização monetária da cobertura vegetal urbana tem aplicação direta no planejamento, implantação e manutenção da arborização urbana, facilita a aplicação de multas, indenizações e isenções (Detzel *et al.*, 2004).

Neste contexto, é de extrema importância o planejamento urbano em relação ou espaços verdes, de modo a aproveitar os benefícios prestados às cidades por estes locais (Locatelli *et al.*, 2017).

Entretanto, os diferentes tipos de provisão de serviços ecossistêmicos de espaços verdes urbanos ainda não foram bem estudados academicamente, não existindo informações suficientes para compreender os benefícios do ecossistema e a valoração dos espaços verdes urbanos. A reunião dessas informações será essencial para o planejamento das cidades sustentáveis e para aliar os objetivos de amenização dos efeitos do aquecimento global, sobretudo nas cidades do semiárido.

Desta forma, objetivou-se neste artigo valorar a cobertura vegetal das áreas verdes urbanas em cinco cidades do semiárido da Paraíba quanto ao serviço ecossistêmico de sequestro de carbono, visando demonstrar a importância da valoração desses espaços no fornecimento atual e futuro de serviços ecossistêmicos em cinco cidades do semiárido da Paraíba.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado na região imediata de Princesa Isabel, Paraíba, que compreende os municípios de Princesa Isabel, Juru, Tavares, Manaíra e São José de Princesa. A região está inserida na microrregião da Serra de Teixeira, possui altitude média de 690 m e precipitação média anual de 789 mm (Albuquerque; Lima; Sousa, 2023).

Foram identificados e selecionados todos os espaços verdes urbanos do tipo praça existentes nos municípios analisados.

Quadro 1. Dados das praças e população dos municípios avaliados

Município	Quantidade de praças	População estimada ¹	Área total das praças m ²
Princesa Isabel	11	23345	22159,00
São José de Princesa	1	4219	1865,00
Manaíra	14	10759	17977,00
Tavares	1	14759	2253,00
Juru	6	9826	3019,00

¹ IBGE (2017)

Para realizar a avaliação da atual cobertura do solo de cada praça e a estimativa da arborização e seu estoque de carbono para cada cidade inserida na presente pesquisa, utilizou-se a plataforma do *I-Tree Canopy* de forma *online* que permite quantificar o uso

e cobertura do solo em uma determinada área com base em imagens do *Google Earth*.

Em primeiro, foi incluído um arquivo do tipo *shapefile* (*.shp) para delimitar a área de cada praça, em seguida foi realizada a seleção das classes que

representassem as praças. No caso, realizou-se a classificação nos seguintes grupos: área construída, solo exposto, árvore, vegetação não-arbórea e água.

Em seguida, iniciou-se a marcação de pontos aleatórios sobre a área estudada para sua classificação. Para a presente pesquisa optou-se em finalizar o procedimento quando o desvio padrão estivesse $\leq 1,5$ para todas as classes de cobertura avaliadas, seguindo as recomendações de Nowark (2021). Neste estudo, o número de amostras foi sempre >1000 pontos.

Após a classificação do solo, o *software i-Tree Canopy* gerou um relatório que estimou a porcentagem de cobertura de cada classe, calculando os serviços ecossistêmicos e o valor monetário atribuído a eles.

Os serviços ecossistêmicos estimados e valorados foram carbono sequestrado anualmente nas árvores e carbono estocado nas árvores.

A partir dos dados de cobertura do solo, foi calculado o Índice de Área Verde (IAV). Para o cálculo do IAV, considerou-se o somatório das áreas totais das praças, expresso em metro quadrado (m^2), dividido pelo número de habitantes da área urbana, segundo adaptação de Harder, Ribeiro e Tavares (2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram levantadas o total de 32 áreas verdes nos cinco municípios avaliados. Verificou-se que a cidade de Princesa Isabel e Manaíra apresentaram um maior número de praças, fato esse pode ter relação com o índice populacional maior do que as demais cidades.

Observou-se que o município Princesa Isabel possui cerca de 3 a 13 vezes mais área de cobertura arbórea nas áreas verdes quando comparado aos outros municípios avaliados (Tabela 1). Esse resultado era esperado, uma vez que Princesa Isabel é o maior município da região e possui proporcionalmente mais áreas destinadas às áreas verdes.

Verificou-se que o município de Manaíra, apesar de possuir maior número de espaços destinados às áreas verdes, obteve baixa cobertura arbórea total. Isso indica o mau planejamento ambiental dos espaços existentes, sobretudo ao que está relacionado à presença da vegetação.

Na tabela 1, observa-se que o município de Juru, apresentou o menor percentual de cobertura arbórea, o que indica a necessidade de um melhor planejamento ambiental dos espaços existentes, sobretudo ao que está relacionado à presença da vegetação arbórea.

Tabela 1. Cobertura arbórea e Índice de Área Verde nas cidades da região imediata de Princesa Isabel

Município	Cobertura arbórea (m^2)	IAVP m^2 habitante ⁻¹
Princesa Isabel	10.783,00	0,31
São José de Princesa	1.405,24	0,15
Manaíra	1.086,09	1,67
Tavares	4.075,20	0,44
Juru	813,14	0,95

Segundo Milano e Dalcin (2000) existem aspectos positivos da arborização e presença de áreas verdes nas cidades, os quais podem ser mensurados, avaliados e monitorados, caracterizando benefícios e, conseqüentemente, objetivos que passam a ser estabelecida no planejamento, como estabilização e melhoria microclimática, redução da poluição atmosférica, diminuição da poluição sonora, melhoria estética das cidades, ação sobre a saúde humana, benefícios sociais, econômicos e políticos.

No ponto de vista, a cidade de Juru, por consequência de uma cobertura arbórea muito baixa, os serviços ecossistêmicos prestados pelas florestas urbanas são reduzidos, o que pode afetar a saúde e bem-estar da população na cidade.

No geral, observa-se um déficit no quesito índice de área verde por habitante, em que o recomendado é de no mínimo $15 m^2$ por habitante pela Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (1996) e abaixo da

média mundial de $18 m^2$ (Karagiannis *et al.*, 2014). Assim, as cidades avaliadas necessitam de um maior investimento na arborização urbana para alcançar o mínimo sugerido, o que reflete na melhoria da saúde e bem-estar da população.

De modo geral, na Tabela 2, pode-se observar que as cidades com maiores coberturas arbóreas nas áreas verdes, possuem maior estoque e sequestro anual de carbono. Conseqüentemente, os municípios com maiores estoques de carbono e sequestro de carbono possuem maior valor monetário associado a cobertura vegetal. Em ordem decrescente, os municípios com maiores valores monetários associados à cobertura vegetal são Princesa Isabel $>$ Manaíra $>$ Juru $>$ Tavares $>$ São José de Princesa.

O estoque e sequestro de carbono pela arborização urbana são de extrema importância para mitigar as mudanças climáticas globais, sobretudo na melhoria da qualidade de vida nas cidades, e para o

cumprimento do Brasil de acordos estabelecidos em conferências ambientais, como na última Conferência das Partes (COP28) da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (UNFCCC).

Na legislação brasileira, a Política Nacional de Mudanças Climáticas (PNMC), no artigo 12 relata a existência de um compromisso nacional de redução das emissões de gases de efeito estufa (GEEs) no país,

abordando a utilização de instrumentos financeiros e econômicos para promover essas ações (Brasil, 2009). Nessa perspectiva, a arborização urbana surge como um importante fator para o alcance desse compromisso, por meio de inventário de emissões e minimização desses impactos. As áreas verdes urbanas, quando efetivamente planejadas e monitoradas, possuem capacidade de gerar créditos de carbono para a compensação de GEEs.

Tabela 2. Estoque, sequestro de carbono e valorização atual pelas áreas verdes do tipo praça nas cidades da região imediata de Princesa Isabel.

Município	-----Estoque-----			-----Sequestro anual-----		
	C	CO ₂	Valor	C	CO ₂	Valor
	ton/ha	ton/ha	USD	kg/ha	kg/ha	USD
Princesa Isabel	4,52	16,57	\$ 8.461,00	1798,24	6599,54	\$ 338,00
São José de Princesa	0,63	2,30	\$ 1.177,00	249,39	915,26	\$ 47,00
Manaíra	1,52	5,59	\$ 2.859,00	1334,85	4898,90	\$ 113,00
Tavares	0,69	2,53	\$ 1.293,00	274,11	1005,98	\$ 51,00
Juru	0,85	3,13	\$ 1.600,00	339,06	1244,35	\$ 64,00
Média	1,64	6,02	\$ 3.078,00	799,13	2932,81	\$ 122,60

Para verificar esse potencial de mitigação das mudanças climáticas e geração de créditos de carbono pela arborização urbana. Realizou-se a projeção dos estoques e sequestros de carbono da arborização urbana nas cidades avaliadas se o mínimo de 15 m²/habitante de IAV existisse nas áreas de estudo.

A Tabela 3 apresenta informações acerca da estimativa do estoque de carbono e da valorização proporcionada pelas áreas verdes nas praças da região próxima de Princesa Isabel. Nota-se que o município de Princesa Isabel apresenta uma maior demanda por áreas verdes, indicando a quantidade de espaço considerada necessária para a destinação de espaços verdes no município. Essas áreas desempenham um

papel crucial no equilíbrio ecológico e na melhoria da qualidade de vida das comunidades urbanas.

Já os municípios de São José de Princesa e Manaíra apresentam a menor cobertura arbórea. Essa cobertura indica a extensão da área verde, quanto menor essa cobertura, menor a capacidade das árvores em sequestrar carbono e reduzir emissões de CO₂.

Ainda na Tabela 3, verifica-se que se os municípios avaliados atenderem os 15 m²/habitante, mínimo recomendado de área verde, os estoques de carbono e a valoração poderiam aumentar em média 26 vezes.

Tabela 3. Projeção do estoque, sequestro de carbono e valoração pelas áreas verdes do tipo praça nas cidades da região imediata de Princesa Isabel. 15 m²

Município	Área verde necessária	Cobertura	C	Estoque de	CO ₂	Valor
	ha	arbórea		ton/ha		
Princesa Isabel	35,02	17,04	71,37	261,92	\$ 133.707,78	
São José de Princesa	6,33	2,76	21,25	78,00	\$ 39.939,11	
Manaíra	16,14	3,66	13,66	50,14	\$ 25.666,11	
Tavares	22,14	10,67	67,64	248,25	\$ 127.053,18	
Juru	14,74	6,86	41,57	152,57	\$ 78.113,28	
Média	18,87	8,20	43,10	158,17	\$ 80.895,89	

Esses resultados enfatizam a importância da ampliação das áreas verdes urbanas, bem como um melhor planejamento e gestão adequada desses espaços, buscando maximizar seus benefícios ambientais, sociais e econômicos, o que pode gerar renda para os municípios através do pagamento por serviços ecossistêmicos/ambientais.

CONCLUSÕES

Princesa Isabel e Manaíra destacam-se por possuírem um maior número, cobertura vegetal, estoque e sequestro de carbono de áreas verdes.

As cidades avaliadas enfrentam um déficit no índice de área verde por habitante, quando comparado com as recomendações da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana e a média mundial, o que reflete na capacidade de gerar serviços ecossistêmicos como o sequestro de carbono. Este déficit demonstra a necessidade de investimentos na arborização urbana para melhorar a qualidade de vida da população.

Os municípios que possuem maior cobertura vegetal apresentando maiores valores monetários associados. Isso evidencia a importância da arborização urbana na mitigação das mudanças climáticas globais nas cidades.

A projeção dos estoques e sequestros de carbono das áreas verdes, caso os municípios atendam ao mínimo recomendado de 15 m² por habitante, mostra um potencial significativo de aumento desses serviços ecossistêmicos. Esses resultados ressaltam a importância da ampliação das áreas verdes urbanas nos municípios avaliados, bem como um melhor planejamento e gestão desses espaços para maximizar seus benefícios ambientais, sociais e econômicos, incluindo a possibilidade de geração de renda através do pagamento por serviços ecossistêmicos.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, E. M.; LIMA, E. R. V.; SOUSA, M. F. B. Proposta de mapeamento e de análise geoespacial do Patrimônio Turístico da Região Geográfica Imediata de Princesa Isabel-PB. **Caderno de Geografia**, v. 33, n. 74, 2023.

BANCO MUNDIAL. **Convenient solutions to an inconvenient truth: Ecosystem-based approaches to climate change**. 2009. Disponível em: <http://copa.acguanacaste.ac.cr/handle/11606/466>. Acesso em: 27 de Jan de 2022.

BLANK, D. M. P. The context of climate changes and its victims. **Mercator**, v. 14, n. 02, p. 157–172, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/mercator/a/SgzwvyFQvzynyM8ZhdtRzjr/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 15 fev. 2022.

BRASIL. Lei Nº 12187, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências. Brasília, DF: **Diário Oficial da União**, 2009.

GAUDERETO, G. L.; GALLARDO, A. L. C. F.; FERREIRA, M. L.; NASCIMENTO, A. P. B.; MANTOVANI, W. Evaluation of ecosystem services and management of urban green areas: promoting healthy and sustainable cities. **Ambiente & Sociedade**, v. 21, 2018.

HARDER, I. C. F.; RIBEIRO, R. C. S.; TAVARES, A. R. Índices de área verde e cobertura vegetal para as praças do município de Vinhedo, SP. **Revista Árvore**, v. 30, p. 277-282, 2006.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Cidades e estados do Brasil, 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/> Acesso em: 10 jul. 2021.

KARAGIANNIS, S.; ANTHOPOULOS, L.; ASPRIDIS, G.; SDROLIAS, L.; POLYKARPIDIS, A. Green Urban Space Utilization for Mild ICT-Based Touristic Activities: The Case of Pafsilipo Park in Greece. **JETA: Journal of Environmental and Tourism Analyses**, v. 2, n. 1, p. 83-96, 2014.

LOCATELLI, M. M.; SANCHES, P. M.; POLIZEL, J. L.; SILVA FILHO, D. F. Planejamento de espaços verdes para minimização do escoamento superficial das águas pluviais. **Revista LABVERDE**, v. 8, n. 2, p. 75, 2017.

MILANO, M.; DALCIN, E. **Arborização de vias públicas**. 1. ed. Rio de Janeiro: Ligth, 2000. 206p.

NOWAK, D. J. Understanding i-Tree: 2021 summary of programs and methods. General Technical Report NRS-200-2021. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, **Forest Service, Northern Research Station**. 2021.100 p.

OLIVEIRA, N. A. **A influência da cobertura vegetal no conforto térmico urbano em uma região do semiárido Norte Mineiro**. 2021. 59 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Minas Gerais.

PEARCE, D. Green economics. **Environmental values**, v. 1, n. 1, p. 3-13, 1992.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ARBORIZAÇÃO URBANA SBAU. "Carta a Londrina e Iporã". **Boletim Informativo**, v.3, n.5, p.3, 1996