



III Encontro Internacional de Língua Portuguesa e Relações Lusófonas

L U S O C O N F
2021

LIVRO DE ATAS

Proceedings

Editores:

Carlos Teixeira
Vitor Gonçalves
Paula Odete Fernandes
Carla Sofia Araújo

Instituto Politécnico de Bragança
setembro de 2022

Ficha Técnica

Título

LUSOCONF2021
III Encontro Internacional de Língua Portuguesa e Relações Lusófonas: livro de atas

Editores

Carlos Teixeira	Instituto Politécnico de Bragança
Vitor Gonçalves	Instituto Politécnico de Bragança
Paula Odete Fernandes	Instituto Politécnico de Bragança
Carla Sofia Araújo	Instituto Politécnico de Bragança

Capa

António Meireles e Vitor Gonçalves

Edição

Instituto Politécnico de Bragança
Campus de Santa Apolónia
5300-253 Bragança
Portugal

Data de edição: setembro de 2022

ISBN: 978-972-745-295-8

DOI: 10.34620/lusoconf.2021

Handle: <http://hdl.handle.net/10198/25130>

URL: www.lusoconf.ipb.pt

Email: lusoconf@ipb.pt

Os benefícios ambientais de soluções baseadas na natureza com o software i-Tree

The environmental benefits of nature-based solutions with i-Tree software

Fernanda Albertini Pança¹, Artur Jorge de Jesus Gonçalves¹, José Castro¹, Rosario del Caz Enjuto²

fernanda.albertini.panca@gmail.com, ajg@ipb.pt, mzecast@ipb.pt, charo@arq.uva.es

¹Instituto Politécnico de Bragança, Portugal.

²Escola Técnica Superior de Arquitetura/Universidade de Valladolid, Espanha.

Resumo. A urbanização provoca grandes mudanças nos sistemas ambientais, relacionadas ao balanço de carbono, interceção da água da chuva, poluição do ar e economia de energia de edifícios, como consequências das mudanças ambientais. Como tal, as zonas industriais são menos arborizadas devido às construções dos empreendimentos, que frequentemente representam vastas áreas urbanas. As Soluções Baseadas na Natureza (SBNs) procuram mitigar os efeitos antrópicos da urbanização através de inspiração na natureza, promovendo a transformação urbana, tornando as cidades mais agradáveis. Assim, o presente trabalho pretende caracterizar a área de estudo e a vegetação presente, construir uma base de *inputs* no *software* i-Tree Eco, usar o mesmo para simular os benefícios ambientais das SBNs (previstas no âmbito do Projeto POCTEP INDNATUR), na Zona Industrial das Cantarias (Bragança), e definir um cenário com base nos dados de intervenção do projeto e em formulações alternativas. A metodologia começa pelo levantamento de dados e medição de parâmetros das árvores, incluindo diâmetro na altura do peito, alturas totais, uso do solo, avaliação da saúde da coroa (*dieback*) e exposição à luz da copa. Através do i-Tree, é possível avaliar o impacto potencial das SBNs, principalmente nas condições do ar, como meio de apoiar o projeto em estudo. Permite também quantificar a estrutura, ameaças, benefícios e os valores fornecidos pelas populações florestais mundialmente, auxiliar no manejo e defesa de árvores e florestas, mostrar riscos potenciais para a saúde das árvores e floresta e baseia-se em pesquisa de serviços florestais do USDA (Departamento de Agricultura dos Estados Unidos).

Palavras-Chave: I-Tree, Benefícios ambientais, Soluções baseadas na natureza.

Abstract. Urbanization causes major changes in environmental systems, related to carbon balance, rainwater interception, air pollution and energy saving of buildings, as consequences of environmental changes. As such, industrial areas are less wooded due to the construction of the enterprises, which often represent vast urban areas. The Nature-Based Solutions (NBSs) seek to mitigate the anthropic effects of urbanization through inspiration in nature, promoting urban transformation, making cities more pleasant. Thus, the present work intends to characterize the area of study and the present vegetation, build a base of inputs in the software i-Tree Eco, using it to simulate the environmental benefits of the NBSs (foreseen in the scope of the POCTEP INDNATUR Project), in the Industrial Zone of Cantarias (Bragança), and define a scenario based on the intervention data of the project and alternative formulations. The methodology begins with data collection and measurement of tree parameters, including chest height diameter, total height, land use, crown health assessment (*dieback*) and exposure to crown light. Through the i-Tree, it is possible to evaluate the potential impact of the NBSs, especially on air conditions, as a means of supporting the project under study. It also allows to quantify the structure, threats, benefits and values provided by forest populations worldwide, assist in the management

and defense of trees and forests, show potential risks to the health of trees and forest and in research of forest services of the USDA (Department of Agriculture of the United States).

Keywords: I-Tree, Environmental benefits, Nature-based solutions.

1 Introdução

Surgido no final dos anos 2000, o conceito de soluções baseadas na natureza (SBNs) consiste em promover a restauração, melhoria e manutenção dos ecossistemas e da biodiversidade, substituindo intervenções humanas poluidoras ou ambientalmente agressivas por práticas ecológicas, abordando várias questões simultaneamente, como os desafios sociais nas cidades, o que desenvolve caminhos para uma urbanização sustentável (KABISCH et al. 2016). A política da UE aborda os desafios transversais da sociedade ao focar na investigação da biodiversidade e dos serviços dos ecossistemas com destaque para a inovação, crescimento e geração de empregos (FAIVRE et al. 2017).

Fraga (2020) exemplificou que na Europa e entre organismos internacionais, como a União Internacional para a Conservação da Natureza (UICN) e o Banco Mundial, o conceito vem se destacando como uma aposta a ser desenvolvida para que seja implementada na adaptação às mudanças climáticas, e dessa forma, foi iniciado, em 2015, um movimento de pesquisa académica sobre a aplicação de soluções baseadas na natureza.

As SBNs são entendidas como soluções que, de alguma forma, se inspiraram, copiam ou têm por base processos naturais com o objetivo de gerar benefícios sociais, ambientais e económicos para a sociedade, especialmente aplicados para a resiliência urbana, além de criar oportunidades de geração de emprego e renda (FRAGA, 2020).

Devecchi et al. (2021) defendem que as soluções baseadas na natureza representam iniciativas como sistema de áreas verdes urbanas, jardins de chuva e alagados construídos, abordando diversas maneiras em que os serviços dos ecossistemas podem ser geridos e restaurados de forma a reduzir a vulnerabilidade urbana frente aos prejuízos económicos gerados após eventos extremos.

Segundo Debele et al. (2019), as árvores são um exemplo de SBNs e possuem um importante papel em afetar as condições meteorológicas. Elas fazem parte da infraestrutura verde urbana e promovem a redução localizada da temperatura do ar nas áreas urbanas. Dotto (2018) exemplifica que a posição em que as árvores estão plantadas em relação aos elementos de infraestrutura urbana e às edificações presentes no local são parâmetros relevantes para a análise da qualidade e quantidade da vegetação urbana existente num setor.

Através da utilização do software i-Tree Eco desenvolvido pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), e por meio de um cadastro de árvores urbanas, será possível a obtenção de dados dos benefícios das árvores em meio urbano, sendo eles: armazenamento e sequestro de carbono, remoção de poluição e impactos na saúde humana, efeitos hidrológicos (escoamento evitado, interceção, transpiração), efeitos sobre a energia utilizada por edifícios, bio-emissões de árvores, entre outros benefícios ambientais, a fim de contribuir para a melhoria das estratégias de descontaminação no meio urbano (LÓPEZ, 2019). O uso desta ferramenta pode contribuir com a proteção do ambiente, evidenciando os benefícios das árvores no contexto da melhoria da qualidade do ar e da prestação de serviços do ecossistema, cada vez mais reconhecidos como essenciais para o progresso rumo à sustentabilidade.

Assim como este projeto, outros dão importância ao tema das SBNs, como é o caso de Wang et al. (2021), que fala da importância das árvores nas áreas urbanas, em um estudo das características de convecção e dispersão de gases densos.

Com base no exposto, este artigo tem por objetivo estimar os potenciais benefícios ambientais das soluções baseadas na natureza, previstas no âmbito do Projeto POCTEP INDNATUR, na Zona Industrial de Cantarias (Bragança), por intermédio da ferramenta i-Tree.

2 Metodologia

2.1 Apresentação da área de estudo - Zona Industrial das Cantarias (Bragança)

A cidade de Bragança está localizada no norte de Portugal. Segundo o Instituto Nacional de Estatística (2021), considerando as freguesias urbanas de Sé, Santa Maria e Meixedo, a cidade possui uma população de 24.078 habitantes. A sua área urbana possui tipologias de construções diversas como edifícios unifamiliares e plurifamiliares, comércio e indústria, onde a última é pouco representativa na cidade (MENEZES et al. 2017).

A área de estudo (Figura 1) situa-se na zona industrial das Cantarias, onde há pouca disponibilidade de espaços verdes e amplas zonas asfaltadas. Esta zona industrial possui uma área total em empresarial de 970 mil m², destes, 830 mil m² são para instalações de empresas (ALVES, 2020). Os principais segmentos de empresas localizadas nesta região são dos sectores, comércio de automóveis e de pneus, equipamentos, indústrias gráficas, transformação de ferro, máquinas industriais, materiais de construção, reboque e oficinas.

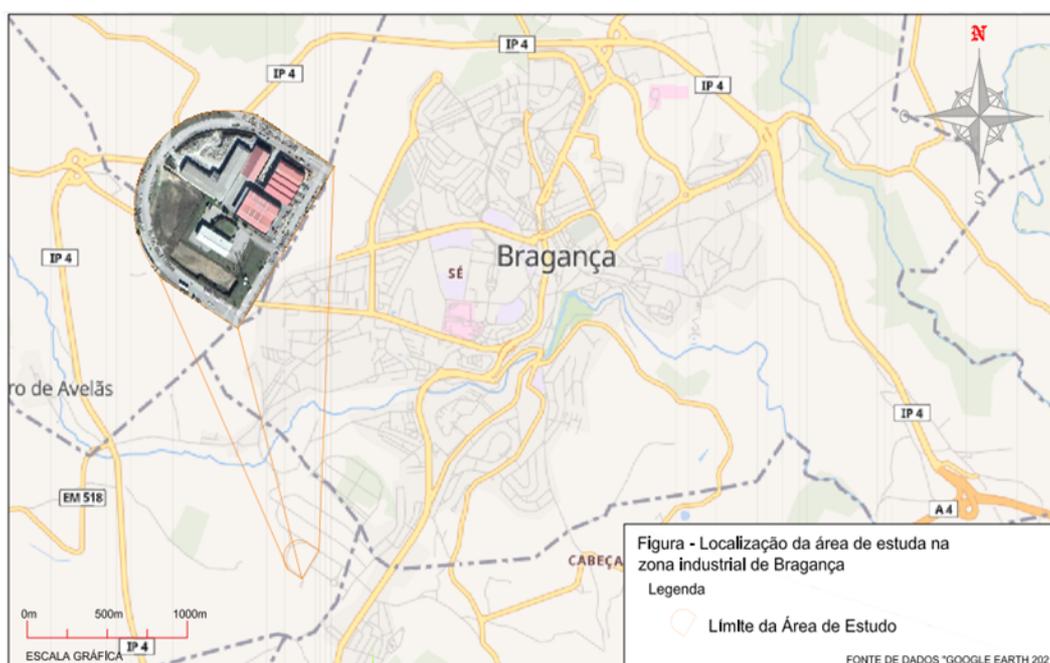


Figura 1: Localização da área de estudo na zona industrial de Bragança.
Fonte: Autoria própria (2021).

2.2 A ferramenta i-Tree

O *software* utilizado para a modelagem foi o i-Tree Eco versão 6 que utiliza dados de amostragem ou de inventário das árvores, que devem ser coletados, como a identificação das espécies e diâmetro na altura do peito (DAP) e dados opcionais, porém altamente recomendados para melhorar as estimativas do modelo, como uso do solo, altura total da árvore e tamanho, saúde e exposição à luz da copa. Acrescentando aos anteriores, existem alguns campos opcionais, como endereço da árvore, estratos/área, árvore de rua ou não, coordenadas do mapa, pública/privada, energia (distância do edifício, direção para a construção), manutenção recomendada, tarefa de manutenção, conflito de calçada, conflito de utilidade, pragas e id da árvore. As espécies (ordem de classificação do organismo), podem ser inseridas com os seus nomes comuns, científicos ou códigos, já o DAP é medido com o auxílio de fita métrica.

Os resultados do i-Tree são: sequestro de carbono, interceção da água da chuva, remoção dos poluentes do ar, economia de energia dos edifícios e emissão evitada de carbono na geração de energia.

Um exemplo onde o i-Tree Eco pode ser utilizado, é para o cálculo do potencial da análise geoespacial e das redes Bayesianas para permitir a avaliação dos inventários de árvores existentes no software, como é visível no artigo de CIMBUROVA e BARTON (2020).

O software i-Tree possui limitações, assim como outros softwares, mas para o tipo de estudo que foi conduzido, não existiu nenhum grande impedimento pela parte do mesmo. Porém, por ter sido projetado e desenvolvido pelos Estados Unidos, possui uma base de dados mais completa para tal país, onde dispunha de um maior número de espécies de pragas dessa região.

2.2.1 Levantamento dos dados - Medição de Parâmetros

No i-Tree Eco foi criado um inventário de árvores da Zona Industrial das Cantarias, com base na situação de referência atual, para que seja possível integrar o cenário proposto previsto no Projeto Poctep INDNATUR (Figura 2).



Figura 2: Imagem disponibilizada pela Universidade de Valhadolide – Espanha, para o projeto INDNATUR, com o cenário desejado e proposto à Câmara Municipal de Bragança, através da incorporação de árvores como SBNs.

Fonte: Projeto INDNATUR (2020).

As medições de dados ocorreram de abril de 2021 até junho de 2021 e o período de recolha de dados da exposição à luz da copa foi: no nascer do sol, entre as 5:00 e as 8:00; no meio-dia solar, das 13:00 às 14:00, e no pôr do sol, das 19:00 às 22:00.

Os dados do perímetro na altura do peito foram coletados com o auxílio de uma fita métrica, e mesmo sendo possível realizar medições de perímetros a qualquer altura do tronco da árvore, estabeleceu-se por norma que o padrão é medi-los a uma altura fixa de 1,30 m a contar do solo, ou seja, na altura do peito. Este padrão é necessário para verificações de garantia de qualidade e avaliações futuras (FLORIANO, 2021). Uma vez medido o perímetro, efetuou-se a conversão pela fórmula (Eq. 1).

$$D = P / \pi \quad [1]$$

Onde:

D = Diâmetro; P = Perímetro.

As espécies, designadas com nomes científicos, e as alturas totais das árvores em metros, foram disponibilizadas pelo estudo anterior, mesmo assim, as alturas foram coletadas novamente para confirmação e correção das mesmas. O *software* i-Tree foi utilizado para a apresentação final dos dados.

No parâmetro uso do solo foi descrito o contexto onde as árvores se desenvolvem. Para isso, é feita uma seleção entre 13 categorias de uso do solo padrão personalizáveis. Já para a altura total da árvore basta inserir uma única entrada de dados que descreva estas alturas do solo ao topo.

A avaliação da saúde da copa (*dieback* ou condição) foi realizada para cada árvore, de forma visual, a partir de uma análise da quantidade de galhos mortos nesta copa. No *dieback*, são recolhidos os dados considerando a percentagem da copa que é composta destes galhos. Já se for selecionada a condição, o inverso da percentagem de *dieback* deverá ser inserido (ou seja, a percentagem viva).

Além disso, uma classificação geral das condições das árvores, como uma comparação, será atribuída, para avaliar todos os seus aspetos visíveis incluindo a presença de insetos ou doenças, danos causados por raízes e a proximidade das árvores com as infraestruturas. Para reduzir a subjetividade, é interessante que a classificação seja feita por mais de uma pessoa, e em seguida, discutida para se chegar a uma classificação final, e neste caso, ela foi realizada por duas pessoas.

Para terminar, a exposição à luz da copa consiste na inserção de uma única entrada de dados que indica o número de lados da copa das árvores que recebem luz solar direta.

3 Resultados e Discussão

Com a simulação dos benefícios ambientais para o contexto atual, relacionando o inventário com as características da área de estudo, foi possível estimar as melhorias na qualidade do ar, com um potencial benefício ambiental, a partir do uso de soluções baseadas na natureza e, em especial, da introdução de árvores.

3.1 Efeitos e valores da floresta urbana

3.1.1 Características das árvores da floresta urbana

Do contexto urbano do presente estudo constam 178 árvores com uma cobertura arbórea diversa. As três espécies mais comuns são *Cupressus* (24,2%), *Quercus rubra* (23,0%) e *Acer negundo* (11,2%) (Figura 3).

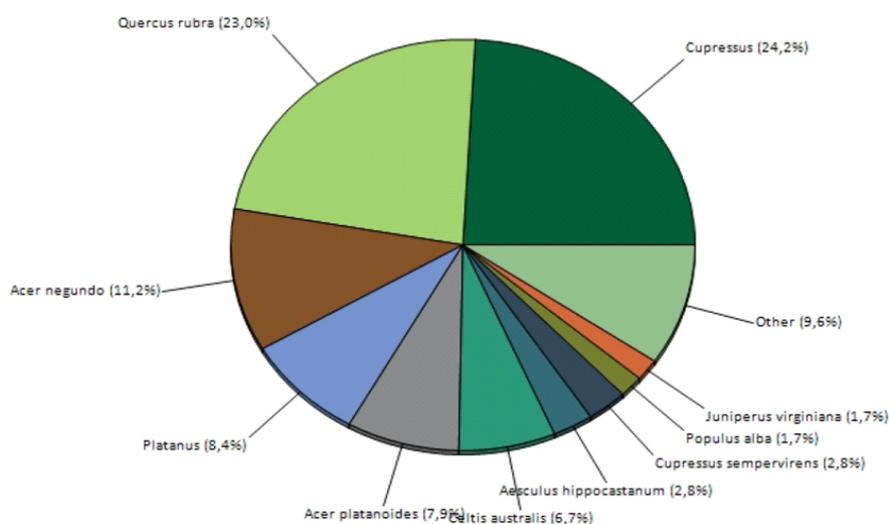


Figura 3: Composição de espécies de árvores no inventário.

As classes de diâmetros na altura do peito consideradas na Figura 4 foram medidas em campo, onde os mais frequentes variam de 0 cm a 30,5 cm, conforme o gráfico gerado pelo i-Tree. Quanto maior a diversidade de espécies de árvores, maior pode ser a variação dos diâmetros.

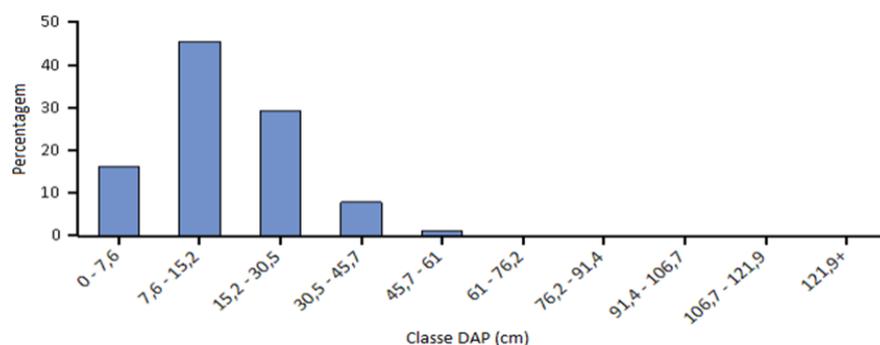


Figura 4: Percentagem da população de árvores por classe de diâmetro (DAP - diâmetro do caule a 1,37 metros).

No inventário, apenas 1% das árvores são espécies nativas da Europa. A maioria das árvores é originária da América do Norte (39%) (Figura 5).

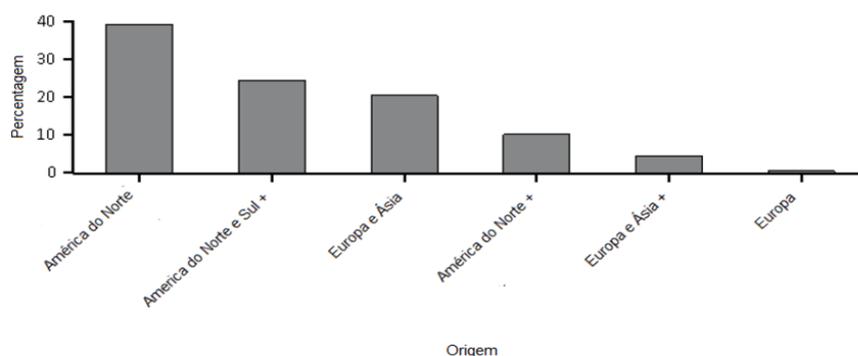


Figura 5: Percentagem da população de árvores vivas de origem nativa por área do inventário.

As espécies de plantas invasoras são frequentemente caracterizadas pelo seu vigor, capacidade de adaptação e reprodutiva, e falta de inimigos naturais. Essas habilidades permitem que elas desloquem as plantas nativas e as tornem uma ameaça às áreas naturais (RUIZ, 2021).

No inventário, as espécies mais dominantes em termos de área foliar são *Quercus rubra*, *Platanus* e *Acer negundo*. As 10 espécies com os maiores valores de importância estão listadas na Tabela 1. Os valores de importância são calculados como a soma das percentagens da população e da área foliar. Valores de alta importância não significam que essas árvores devem necessariamente ser reproduzidas no futuro; mas sim, que essas espécies atualmente dominam a estrutura da floresta urbana.

Tabela 1: Espécies mais importantes do inventário.

Nome da espécie	Percentagem da população	Percentagem de área foliar	Valores de importância
<i>Quercus rubra</i>	23	27	50
<i>Cupressus</i>	24,2	10,9	35
<i>Platanus</i>	8,4	22,6	31
<i>Acer negundo</i>	11,2	15,2	26,4
<i>Acer platanoides</i>	7,9	3,6	11,4
<i>Aesculus hippocastanum</i>	2,8	6,4	9,2

<i>Celtis australis</i>	6,7	2	8,7
<i>Populus alba</i>	1,7	5,1	6,8
<i>Cupressus sempervirens</i>	2,8	0,5	3,3
<i>Juniperus virginiana</i>	1,7	1,2	2,9

Fonte: Adaptado de i-Tree (2021).

3.1.2 Remoção da poluição do ar por árvores urbanas

Para a análise da Tabela 2, o valor de remoção de poluição foi calculado pelo i-Tree com base nos preços de 1,041 € por tonelada métrica (monóxido de carbono), 16,240 € por tonelada métrica (ozono), 2,425 € por tonelada métrica (dióxido de azoto), 884 € por tonelada métrica (dióxido de enxofre), 563.727 € por tonelada métrica (partículas com menos de 2.5 micrómetros). A remoção da poluição pelas árvores que constam do inventário foi estimada tendo em consideração parâmetros recolhidos no campo, dados de poluição recente e dados meteorológicos disponíveis.

A remoção da poluição foi maior para o ozono. Estima-se que as árvores removem 13,679 kg de poluição do ar, 12,887 kg de ozono (O₃), 0,178 kg de monóxido de carbono (CO), 0,372 kg de dióxido de azoto (NO₂), 0,041 kg de material particulado com menos de 2,5 milímetros (PM_{2.5}), e 0,201 kg de dióxido de enxofre (SO₂), por ano com um valor económico associado de 233,53 euros (Tabela 2).

Tabela 2: Remoção anual da poluição e valor por árvores urbanas do inventário.

Poluentes	Poluição removida (kg)	Valor (€)
CO	0,178	0,18
NO ₂	0,372	0,90
O ₃	12,887	209,27
PM _{2.5}	0,041	23
SO ₂	0,201	0,18
Total	13,679	233,53

Fonte: Autoria própria (2021).

Em 2021, estima-se que as árvores do inventário emitem 19,52 quilogramas de compostos orgânicos voláteis (COVs), 10,21 quilogramas de isopreno e 9,311 quilogramas de monoterpenos. As emissões variam entre as espécies com base nas suas características (por exemplo, alguns géneros, como carvalhos, são altos emissores de isopreno) e na quantidade de biomassa foliar. 75% das emissões de COVs da floresta urbana foram de *Quercus rubra* e *Populus alba*. Esses COVs são precursores químicos para a formação de ozono.

3.1.3 Armazenamento e sequestro de carbono

O sequestro grosseiro das árvores do inventário é 1,455 toneladas métricas de carbono por ano com um valor associado de 234 € (Figura 6).

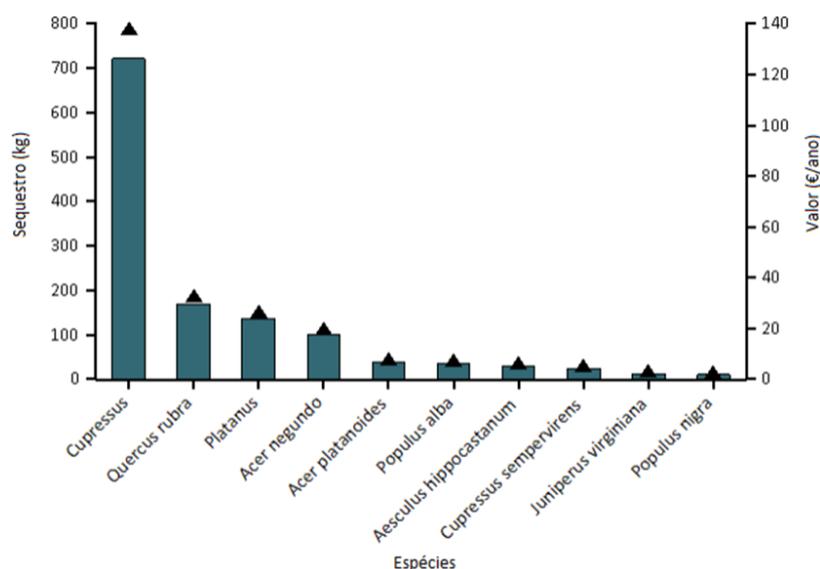


Figura 6: Sequestro bruto anual estimado de carbono (pontos) e valor (barras) para espécies de árvores urbanas com a maior sequestração do inventário.

Estima-se que as árvores do inventário armazenam 23,9 toneladas de carbono (3,85 mil euros) por ano. Das espécies amostradas, *Cupressus* armazena e sequestra a maior parte do carbono (cerca de 64,5% do carbono total armazenado e 54% de todo o carbono sequestrado) (Figura 7).

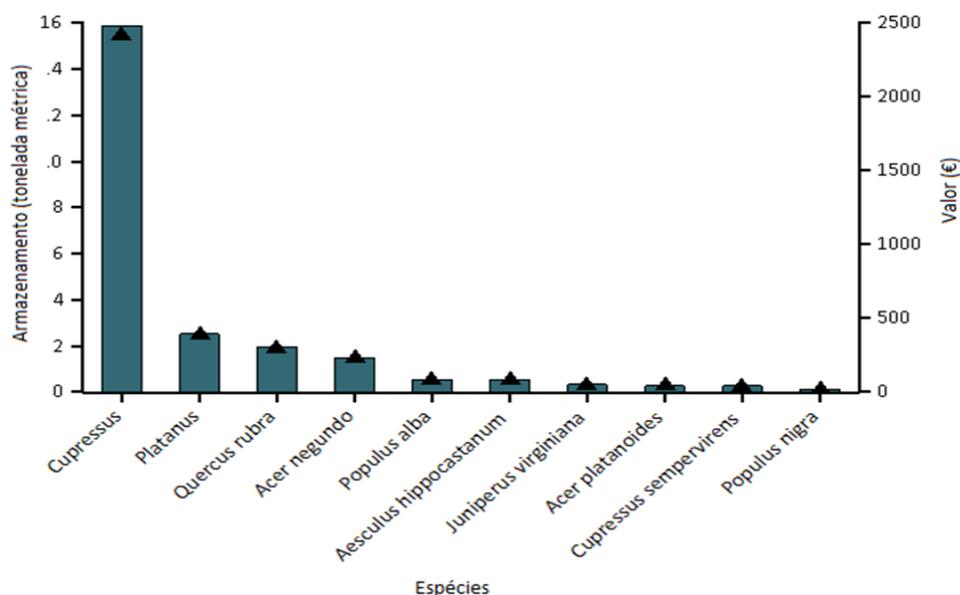


Figura 7: Estimativa de armazenamento de carbono (pontos) e valores (barras) para espécies de árvores urbanas com maior armazenamento do inventário.

3.1.4 Produção de oxigénio

Estima-se que as árvores do inventário produzem 3,881 toneladas métricas de oxigénio por ano. Porém, este benefício da árvore é relativamente insignificante devido à grande e relativamente estável quantidade de oxigénio na atmosfera e produção extensiva por sistemas aquáticos. A nossa atmosfera possui uma enorme reserva de oxigénio, e portanto, caso todas as reservas de combustíveis fósseis, todas as árvores e toda a matéria orgânica presente nos solos forem queimados, o oxigénio atmosférico cairia apenas numa pequena fração, não superior a uns pontos percentuais. (BROECKER, 1970).

Tabela 3: As 20 principais espécies produtoras de oxigénio.

Espécies	Oxigénio (kg)	Sequestro de Carbono Bruto (kg/ano)	Número de Árvores	Área Foliar (ha)
<i>Cupressus</i>	2.097,19	786,44	43	0,00
<i>Quercus rubra</i>	490,35	183,88	41	0,00
<i>Platanus</i>	398,06	149,27	15	0,00
<i>Acer negundo</i>	290,11	108,79	20	0,00
<i>Acer platanoides</i>	108,94	40,85	14	0,00
<i>Populus alba</i>	99,28	37,23	03	0,00
<i>Aesculus hippocastanum</i>	83,58	31,34	05	0,00
<i>Cupressus sempervirens</i>	69,24	25,97	05	0,00
<i>Juniperus virginiana</i>	36,12	13,55	03	0,00
<i>Populus nigra</i>	30,17	11,31	01	0,00
<i>Ligustrum vulgare</i>	26,65	9,99	02	0,00
<i>Chamaecyparis lawsoniana</i>	24,65	9,25	02	0,00
<i>Celtis australis</i>	23,34	8,75	12	0,00
<i>Malus</i>	17,31	6,49	01	0,00
<i>Fagus sylvatica</i>	16,62	6,23	01	0,00
<i>Magnolia</i>	14,50	5,44	03	0,00
<i>Quercus robur</i>	14,09	5,29	02	0,00
<i>Picea pungens</i>	12,72	4,77	01	0,00
<i>Thuja occidentalis</i>	11,32	4,24	02	0,00
<i>Acer pseudoplatanus</i>	11,30	4,24	01	0,00

Fonte: i-Tree (2021).

3.1.5 Escoamento evitado

Estima-se que as árvores do inventário ajudem a reduzir o escoamento em 14,2 metros cúbicos por ano com um valor associado de 27 € (Figura 8). O escoamento evitado é estimado com base no clima local designado pela estação meteorológica. No inventário, a precipitação total anual em 2015 foi de 33 centímetros.

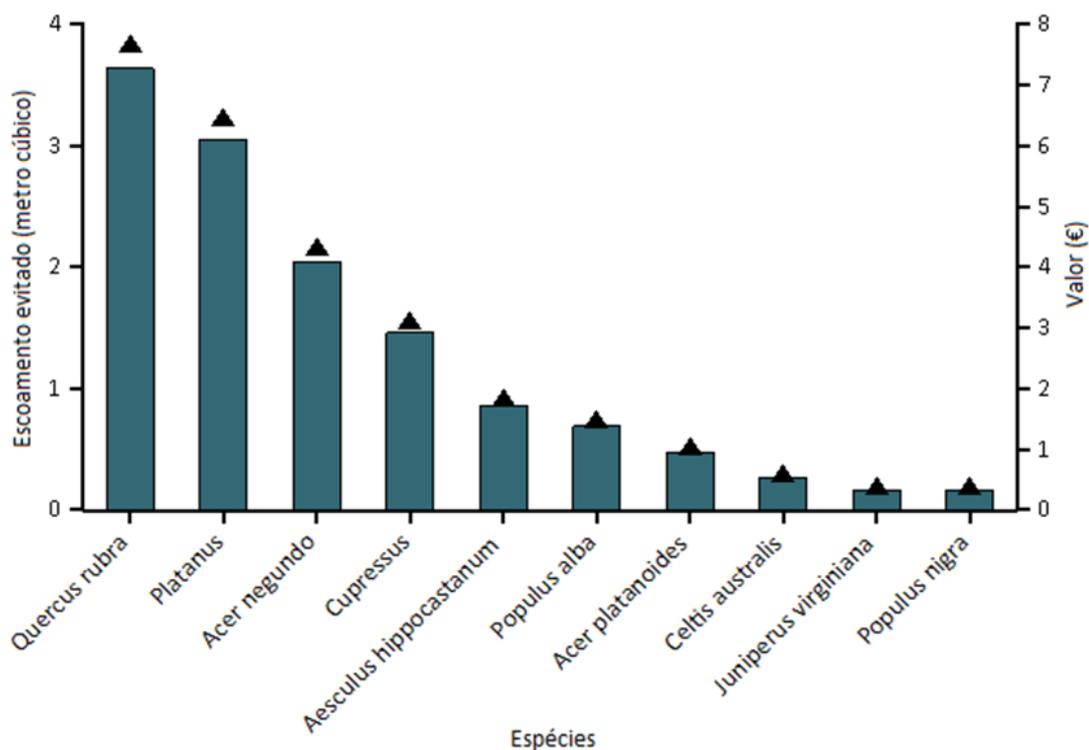


Figura 8: Escoamento evitado (ponteiros) e valor (barras) para espécies com maior impacto geral no escoamento do inventário.

3.1.6 Valores Estruturais e Funcionais

As árvores urbanas inventariadas possuem os seguintes valores estruturais: valor estrutural: 128 mil euros (Figura 9), armazenamento de carbono: 3,85 mil euros. As árvores urbanas do inventário possuem os seguintes valores funcionais anuais: sequestro de carbono: 234 €, escoamento evitado: 27 €, remoção da poluição: 234 € e custos de energia e valores de emissão de carbono: 0 €.

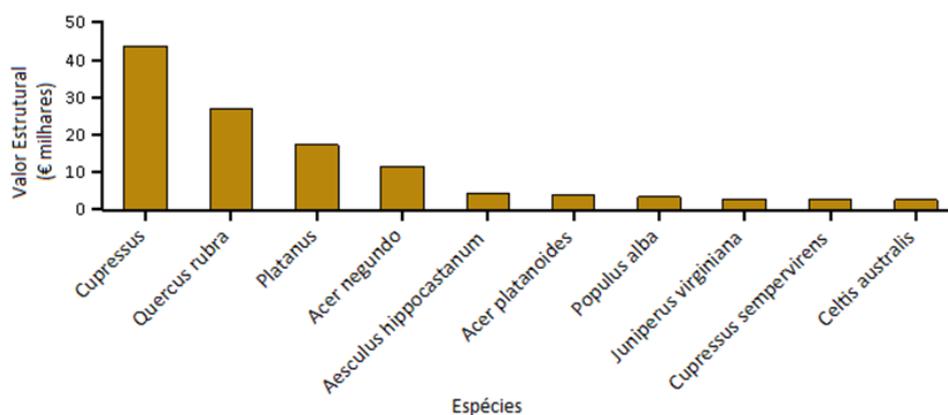


Figura 9: Espécies de árvores com maior valor estrutural do inventário.

3.1.7 Potenciais impactes de pragas

Trinta e seis pragas foram analisadas quanto ao seu impacto potencial e a única que pode existir em Portugal é a *Gypsy Moth* (27,5%) (Figura 10).

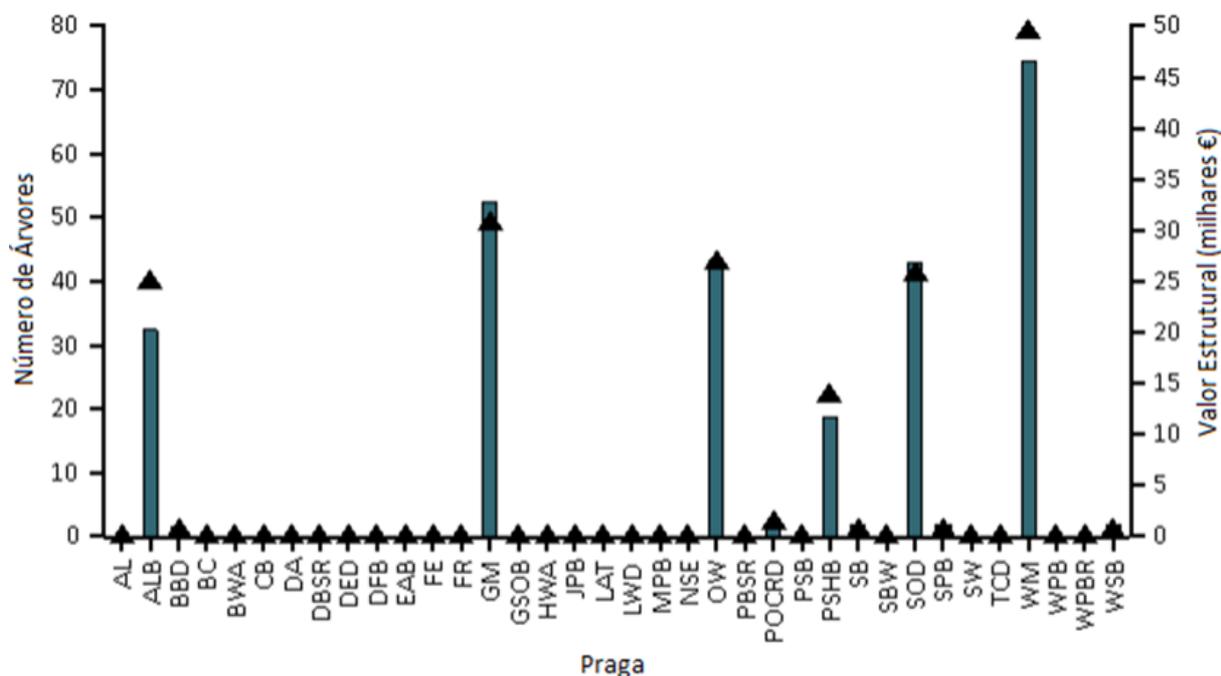


Figura 10: Número de árvores em risco (pontos) e valor compensatório associado (barras) por pragas potenciais do inventário.

A *Gypsy Moth* (GM) (NORTHEASTERN AREA STATE AND PRIVATE FORESTRY, 2005) é um desfolhador que se alimenta de muitas espécies podendo causar até a morte de árvores se as condições do surto durarem vários anos. Esta praga ameaça 27,5% da população, o que representa uma perda potencial de 32,7 mil euros em valor estrutural.

4 Conclusões

A coleta dos dados e a sua inserção no *software* i-Tree, deram abrangência aos resultados, demonstrando que esta vegetação urbana da zona em estudo contribui para a diminuição da poluição do ar e do escoamento superficial, porém, o aumento da arborização nesta área da cidade potencializaria estes resultados.

A caracterização das árvores da floresta urbana demonstra que o inventário possui 178 árvores com uma cobertura arbórea diversa, onde as três espécies mais comuns são *Cupressus* (24,2%), *Quercus rubra* (23,0%) e *Acer negundo* (11,2%). Os DAPs que mais aparecem variam de 0 a 30,5 cm, cerca de 1% das árvores são espécies nativas da Europa, sendo a maioria das árvores originárias da América do Norte (39%), e as espécies mais dominantes em área foliar são *Quercus rubra*, *Platanus* e *Acer negundo*.

A remoção da poluição pelas árvores que constam do inventário foi maior para o ozono sendo calculada através dos parâmetros recolhidos no campo, dados de poluição e dados meteorológicos. Estima-se que as árvores removem 13,679 kg de poluição do ar, 12,887 kg de ozono (O₃), 0,178 kg de monóxido de carbono (CO), 0,372 kg de dióxido de azoto (NO₂), 0,041 kg de material particulado com menos de 2,5 milímetros (PM2.5), e 0,201 kg de dióxido de enxofre (SO₂), por ano com um valor económico associado de 233,53 euros. No armazenamento e sequestro de carbono, o sequestro grosseiro das árvores do inventário da área de estudo é de 3,805 toneladas de carbono por ano com um valor associado de 611 €.

Estima-se que para a produção de oxigénio, as árvores do inventário armazenam 23,9 toneladas de carbono (3,85 mil euros). Das espécies amostradas, *Cupressus* armazena e sequestra a maior parte do carbono (cerca de 64,5% do total armazenado e 54% do total sequestrado). Estima-se também que as árvores do inventário produzem 3,881 toneladas métricas de oxigénio por ano.

Referente ao escoamento evitado, as árvores do inventário ajudam a reduzir o escoamento em 14,2 metros cúbicos por ano com um valor associado de 27 €. A precipitação total anual em 2015 foi de 33 centímetros.

Em valores estruturais e funcionais, as árvores urbanas inventariadas possuem os seguintes valores estruturais: valor estrutural: 128 mil euros, armazenamento de carbono: 3,85 mil euros. As árvores urbanas possuem os seguintes valores funcionais anuais: sequestro de carbono: 234 €, escoamento evitado: 27 €, remoção da poluição: 9234 €.

Nos potenciais impactes de pragas, trinta e seis pragas listadas no i-Tree foram analisadas e a única que pode existir em Portugal é a *Gypsy Moth* (27,5%).

Através do estudo deste artigo é possível observar como a Zona Industrial das Cantarias está distribuída em relação à vegetação. Com os dados obtidos pelo i-Tree, pode-se verificar que as árvores trazem benefícios à essas áreas industriais, assim como, quais as espécies que possuem maior impacto positivo na região.

No caso de zonas industriais com características similares, como umidade, clima, exposição solar e solo, é possível adaptar o modelo definido no software, ou até mesmo utilizar os mesmos resultados, obtendo uma poupança de gastos com recursos e tempo.

4.1 Perspetivas Futuras

Para as perspetivas futuras, considerando os resultados obtidos para a zona industrial, é recomendada uma comparação dos dados com os dados da zona industrial de Argales, localizada em Valladolid, na Espanha, também objeto do projeto POCTEP INDNATUR.

Adicionalmente, mais dados poderão ser coletados, como endereço da árvore, área, situação na rua (parcela pública ou privada), coordenadas do mapa (GPS), energia (construção), manutenção recomendada, conflito de calçada, conflito de utilidade e pragas, para inserção no i-Tree, para que as análises dos mesmos possam dar mais precisão aos resultados.

Pode-se também definir e simular um novo cenário coerente com o proposto à Câmara Municipal de Bragança, acrescentando-lhe melhorias e atentando-se sempre às novas atualizações do i-Tree.

Referências

- Alves, F. M. (2020). Modelação microclimática no contexto urbano-industrial: um caso da Zona Industrial das Cantarias (Bragança)-Portugal. (Master's thesis).
- Barra López, D. (2019). Análisis del efecto del arbolado urbano sobre la absorción de material particulado respirable (MP2, 5), mediante el software I-Tree Eco al interior del Parque Ecuador en la ciudad de Concepción.
- Broecker, W. S. (1970). Man's Oxygen Reserves: Claims that this important resource is in danger of serious depletion are not at all valid. *Science*, 168(3939), 1537-1538.
- Cimurova, Z., & Barton, D. N. (2020). The potential of geospatial analysis and Bayesian networks to enable i-Tree Eco assessment of existing tree inventories. *Urban Forestry & Urban Greening*, 55, 126801.
- Debele, S. E., Kumar, P., Sahani, J., Marti-Cardona, B., Michovski, S. B., Leo L. S., ... & Di Sabatino, S. (2019). Nature based-solutions for hydro-meteorological hazards: Revised concepts, classification schemes and databases. *Environmental research*, 179, 108799.
- Devecchi, A. M., Chirmici, A. C., Simonetti, C., & Corrêa, T. B. (2021). Desenhando cidades com Soluções baseadas na Natureza. *Parcerias Estratégicas*, 25(50), 217-234.
- Dotto, B. R. (2018). Índice quanti-qualitativo de avaliação da vegetação em setores urbanos.
- Faivre, N. Fritz, M., Freitas, T., de Boissezon, B., & Vandewoestijne, S. (2017). Nature-Based Solutions in the EU: Innovating with nature to address social, economic and environmental challenges. *Environmental research*, 159, 509-518.
- Fraga, R. G. (2020). Soluções baseadas na natureza: elementos para a tradução do conceito às políticas públicas brasileiras.
- Kabisch, N., Frantzeskaki, N., Pauleit, S., Naumann, S., Davis, M., Artmann, M., ... & Bonn, A. (2016). Nature-based solutions to climate change mitigation and adaptation in urban areas: perspectives on indicators, knowledge gaps, barriers, and opportunities for action. *Ecology and Society*, 21(2). Largo, R. Eduardo Pagel Floriano.

- Menezes, G. D. O., Gonçalves, A., Ribeiro, A. C., Feliciano, M., & Bineli, A. R. (2017). Análise do efeito de ilha de calor urbano na cidade de Bragança.
- Northeastern Area State and Private Forestry. 2005. Gypsy moth digest. Newtown Square, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Area State and Private Forestry.
- Ruiz Chamorro, J. A. (2021). Control integrado de *Austrocylindropuntia floccosa* (Salm-Dyck) Ritter, 1981. en los pastizales altoandinos del Departamento de Pasco, Perú.
- Wang, H., Liu, B., Liu, X., Lu, C., Deng, J., You, Z., & Li, S. (2021). Study on convection and dispersion characteristics of dense gases in urban environment considering trees. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 72, 104577.