

VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE ROBÔS MANTENEDORES DA ARBORIZAÇÃO URBANA DA CIDADE DE MARINGÁ: UM ESTUDO DE CASO PARA LEVANTAMENTO DE CARACTERÍSTICAS NECESSÁRIAS

Jair Junior Fernandes Araujo¹, Arthur Gualberto Bacelar da Cruz Urpia²

¹Acadêmico do Curso de Engenharia Mecânica, Campus Maringá/PR, Universidade Cesumar - UNICESUMAR.

Bolsista PIBITI/ICETI-Unicesumar. jair.fernandesf9@gmail.com

² Orientador, Doutor, Docente e Vice Coordenador do Programa de Mestrado em Gestão do Conhecimento nas Organizações. Pesquisador do Instituto Cesumar de Ciência, Tecnologia e Inovação - ICETI. arthur.urpia@unicesumar.edu.br

RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi o de realizar um estudo de caso para analisar a viabilidade econômica e técnica da utilização de robôs para a manutenção da arborização urbana na cidade de Maringá, Paraná, Brasil. O objetivo específico foi compreender os gargalos desta atividade identificando os custos anuais aos cofres públicos que poderiam ser reduzidos em caso do emprego de automação flexível. Metodologicamente, esta pesquisa se enquadra como de natureza aplicada. Os dados foram coletados de fontes primárias junto a órgãos oficiais e via levantamento bibliográfico. Como técnica de análise de dados, foram adotadas uma análise documental e estatística. Levantou-se os custos operacionais e com indenizações do período de 2014 a 2020 e também características de trabalho atuais, que foram apresentados com tabelas, figuras e gráficos, para contextualizar a demanda e compreender os requisitos de implantação quanto a seleção de robôs presentes na literatura. As tecnologias aplicadas a projetos de robôs apontam um mercado promissor, mostrando que é possível o desenvolvimento conceitual regional e o emprego destes, contribuindo assim com a manutenção da arborização urbana, para que essa se torne mais ágil e segura e a cidade mais dinâmica e inteligente com a redução de custos e aprimorando serviços com tecnologia.

PALAVRAS-CHAVE: Cidades Inteligentes; Podas; Preservação; Robótica.

1 INTRODUÇÃO

Em estimativa feita pela prefeitura de Maringá em 2019 para a elaboração do Plano de Gestão da Arborização Urbana (MARINGÁ, 2019), a cidade tinha aproximadamente 123.468 árvores nas vias públicas, conforme eram cadastradas no SIG (Sistema de Informações Geográficas) abastecido de dados georreferenciados da COPEL (Companhia Paranaense de Energia) que já contavam com 65.540 árvores, o que significa 53,08% da população catalogada. No estudo de Sampaio e De Angelis (2008) haviam até então 93.261 árvores cadastradas, onde fora feito levantamento censitário em 72,55% da área da malha urbana do município, tendo em vista um crescimento, corroborando a estimativa.

De acordo com o secretário municipal de Serviços Públicos, Ângelo Salgueiro, há 13 mil pedidos na fila de espera por poda e corte de árvores, porém, aproximadamente, apenas 4,5 mil pedidos deveriam ser atendidos ainda no mesmo ano (G1, 2018, s/p). Em 13 de fevereiro de 2019, foi anunciado pela diretoria de comunicação da então Secretaria de Serviços Públicos (SEMUSP) que se intensificaria a poda, desbarra e remoção, isto a partir da proposta de terceirização do serviço em um período estipulado de 12 meses com a perspectiva de gastos de R\$ 4,5 milhões para agilizar as operações.

A inefetividade da manutenção da arborização numerosa de grande porte da cidade se reflete no problema corriqueiro de quedas de dezenas ou até centenas de árvores após chuvas fortes (MARINGÁ 2019, BEREZUK, 2017) e na presença massiva de uma mesma espécie, a *Caesalpinea peltophoroides Benth* (Sibipiruna), chegando a 39,21% da população, onde se indica uma frequência de 10 até 15% em zonas urbanas, evidenciada no estudo realizado por Sampaio e De Angelis (2008), que caracterizava um potencial vetor transmissor de doenças, como fungos e bactérias, prejudiciais as espécies como constava no levantamento, onde 35,52% das árvores foram cadastradas como em condições gerais ruins como danos físicos, doenças e pragas.

Para Gilman (2011) e Bedker (1995), as podas têm grande importância para manter a integridade estrutural das árvores e conduzir seu crescimento em harmonia com as limitações no contexto do ambiente urbano, porém, devem seguir critérios para que não causem o efeito contrário de um crescimento desordenado de ramos, sem controle e que induz uma vulnerabilidade ao ambiente urbano, tornando-se algo nocivo, como ressaltava Bovo e Amorim (2009), e resultando, assim, em aumento na demanda por poda e remoção de árvores, como o caso da prefeitura de Maringá (2019).

Segundo Siebert et al. (2016), em um trabalho de apresentação do projeto do braço robótico telecomandado para poda de árvores junto a redes energizadas, o processo de poda de árvore no perímetro urbano consiste na utilização de equipe de linha viva. Siebert et al. (2016) ressaltam que atualmente se faz necessária a aproximação de um eletro-arborista elevando-o até a região de corte, utilizando-se de escada ou cesto aéreo elevado por um braço hidráulico.

Para Horikawa (2002), a multifuncionalidade pode ser fator crucial para escolha de um robô, mas que o mesmo pode oferecer outros métodos. É preciso ter em mente que o objetivo de um projeto de robotização não é o de simplesmente reproduzir métodos e sistemas existentes através da troca de pessoas por robôs (HORIKAWA, 2002). Segundo Castellanos (2019), a solução estaria no desenvolvimento de novas tecnologias para aperfeiçoar o ferramental de poda em toda a América Latina devido a diversidade das morfologias dos indivíduos arbóreos diferentes das patentes em desenvolvimento em países como Estados Unidos, Canadá e Israel.

Elucidado pelo fato de que há necessidade de ampliar a capacidade de manejo com precisão, com este trabalho, buscou-se compreender e verificar o emprego de robôs na cidade de Maringá, levantando quais características devem ser observadas como parâmetro para uma operação robotizada vantajosa em comparação a poda manual aplicada atualmente, partindo da hipótese de que poderiam viabilizar a enorme necessidade da manutenção da arborização acelerando os processos de manejo.

Neste sentido, esta pesquisa traz uma grande contribuição para a sociedade, justificando-se do ponto de vista social, pois almejou encontrar tecnologias que possam preservar a arborização e diminuir suas externalidades negativas, servindo como ponto de partida para pesquisas e desenvolvimento de tecnologias regionais, e por tanto, também para as discussões sobre *smart cities*, justificando o projeto do ponto de vista acadêmico e científico.

Logo, atendendo o objetivo geral, a pesquisa apresenta requisitos técnicos e econômicos no caso de Maringá.

Diante disso, os objetivos específicos para elaboração do trabalho de pesquisa foram:

1. Realização de uma análise teórica sobre a implementação de robôs para a manutenção da arborização intraurbana;
2. Levantamento dos dados operacionais dos serviços de poda em Maringá para compreender as demandas desta atividade;
3. Levantamento dos custos anuais para os cofres públicos dos serviços de poda, além dos gastos com ressarcimentos pelos danos causados com as quedas das árvores;
4. Apresentação de características técnicas necessárias para que um robô possa auxiliar na operação de poda.

2 MATERIAS E MÉTODOS

Esse projeto baseou-se na metodologia de Horikawa (2002), que é uma Adaptação baseada em Hasegawa (1985), que apresenta 8 etapas para uma análise econômica de um projeto de robotização. Horikawa divide a análise em macro e micro aspectos na

seleção de robôs. Quanto aos macros aspectos, eles estão relacionados a fatores econômicos que tangem as etapas descritas na Figura 1, que compreendem a um projeto informacional que esta pesquisa introduz (etapas de 1 a 4) e a análise que se desenvolve (etapas 5 a 8):

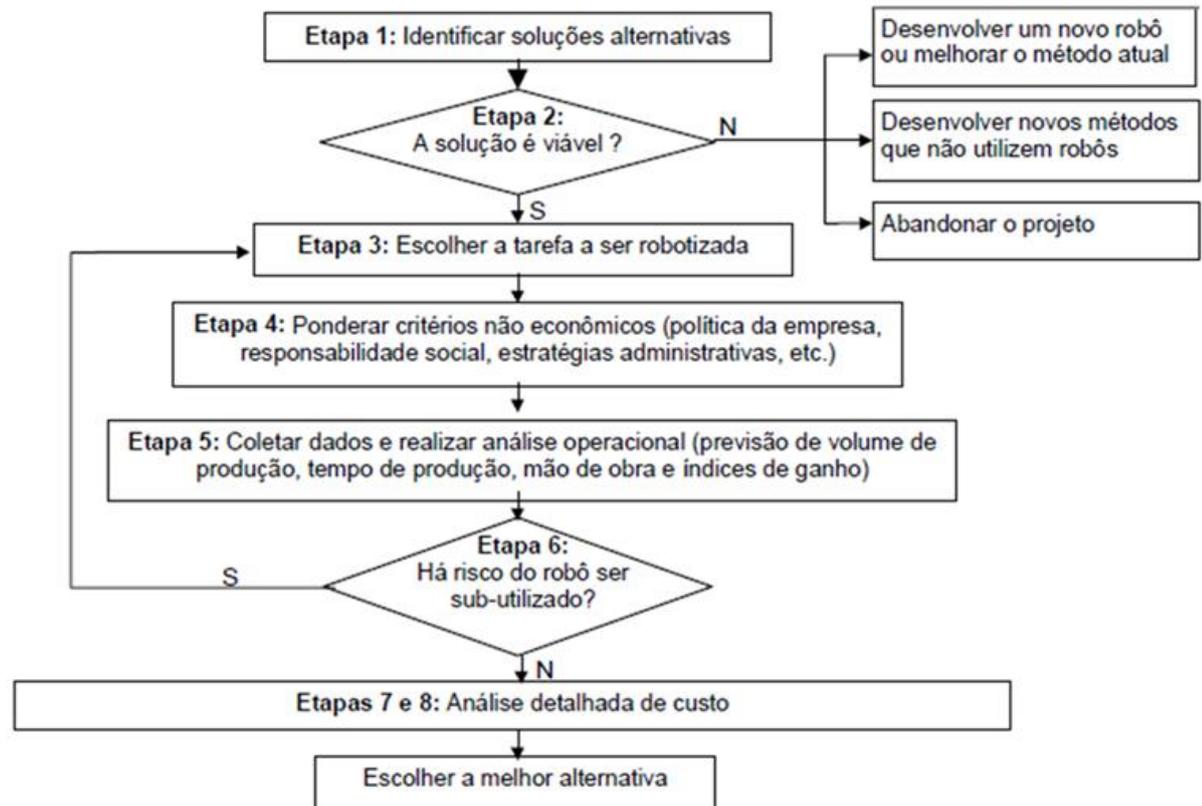


Figura 1. Metodologia para a análise econômica de um projeto de robotização
Adaptação baseada em Hasegawa (1985 apud HORIKAW, 2002, Fig. 7.1)

Em relação aos micros aspectos, são de estágio posterior do estudo de viabilidade, desenvolvendo-se o projeto detalhado do sistema robotizado, onde é de interesse da pesquisa explorar desta etapa o desenvolvimento de um novo método com a poda robotizada. A finalidade da pesquisa foi aplicada ao desenvolvimento de robótica. Os dados foram coletados de fontes primárias junto a órgãos oficiais e via levantamento bibliográfico. As informações foram analisadas a partir de uma abordagem mista (quali-quantitativa). Como técnica de análise de dados, foram adotadas uma análise documental e estatística.

Com dados obtidos foram elaboradas tabelas para contextualizar a demanda, caracterizar pré-requisitos e compreender o volume de serviço requisitado em caso de implantação de robôs e quanto aos dados anuais de custos disponíveis pelo portal da transparência da cidade, de 2014 até 2020, serviram para plotar gráficos para evidenciar gargalos e a viabilidade econômica sobre o caráter de investimento em inovação. Quanto a viabilidade técnica, foram analisados projetos que empregam robótica a poda e suas diversas finalidades de forma a compreender as aplicações dos componentes mecatrônicos descritos por Rosário (2005) com enfoque mecânica para análise de critérios do projeto conceitual, como analisa Tsai (2001) compreendendo a capacidade de atividades, volume de trabalho e viabilidade de emprego da automação flexível.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Tabela 1. Distribuição Arbórea Sobre as Vias Públicas de Maringá no primeiro semestre de 2021.

NOME	NOME CIENTÍFICO	NÚMERO DE ESPECIES	QUANTIDADE DE INDIVÍDUOS ARBÓREOS	PORCENTAGENS Frequência recomendada (10-15)
SIBIPIRUNA	<i>Poincianella pluviosa</i> (<i>Caesalpinia peltophoroides</i>)	1	33.665	23,56%
OITI	<i>Licania tomentosa</i>	2	21.850	15,29%
IPÊ-ROXO	<i>Handroanthus impetiginosus</i>	3	9.693	6,78%
AROEIRA-CHORÃO	<i>Schimus molle</i>	4	5.221	3,65%
TIPUANA	<i>Tipuna tipu</i>	5	5.020	3.51%
OUTROS		149	67.444	47,12 %
TOTAL		154	142.893	100%

Fonte: Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Bem-Estar Anima (SEMA). Elaboração própria.

Para análise situacional deste trabalho, buscou-se entender as características predominantes das árvores com atualização de dados que foram fornecidos pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Bem-Estar Anima (SEMA) e que contribuíram significativamente no projeto. A Tabela 1 apresenta a distribuição arbórea nas vias públicas de Maringá no primeiro semestre 2021.

O número total de indivíduos arbóreos, até o primeiro semestre de 2021, chega a 142.893 dentre 154 espécies, 22 a mais que em 2019 e sem contar as porções presentes nos parques da cidade, como Parque do Ingá e Bosque das Grevíleas por exemplo, sendo que 23,56% do total são indivíduos da espécie *Caesalpinia peltophoroides* (sibipiruna) onde se indica uma frequência de 10 até 15% em zonas urbanas.

Com a última atualização, a fila de espera, até o primeiro semestre de 2021, contava com 13 mil pedidos não analisados e 2593 analisados com permissão de excussão de poda ou remoção, que são divididas em quatro níveis de prioridade, tal como expõe a Tabela 2:

Tabela 2. Caracterização da Fila de espera da arborização pública de Maringá.

SITUAÇÃO	EM ESPERA PARA ANÁLISE	ANALISADOS		
		Prioridade	Quantidade de pedidos	Descrição
		Emergência	59	Risco de queda iminente / risco de vida
		Urgência	716	Condição que tende a emergência sem atendimento rápido / risco de danos materiais graves
		Prioridade 1	590	Obras paradas devido à arborização / indenizações / incompatibilidade entre o porte atual da árvore e o espaço disponível
	Prioridade 2	1228	Conforme programação do setor	
TOTAL	13000	2593		

Fonte: Prefeitura de Maringá, 2021. Elaboração própria.

A média de podas mensais com todas as equipes trabalhando encontra-se entre 400 a 500 árvores (MARINGÁ, 2019). Segundo dados recentes da Secretaria Municipal de Limpeza Urbana (SELURB), nova secretaria originada da então SEMUSP (2017-2020), fornecidos a esta pesquisa corroboram a estimativa. Somente no ano de 2019 (Tabela 3) foram realizadas 6377 podas aéreas, seguidas de 2542 (2020), e mais recente, 462 podas. Quanto as remoções, que são consequências indesejadas sob a ótica deste trabalho, foram realizadas ano de 2019, 4150, em 2020, 2717, e, ratificadas em 2021, foram realizadas 164 remoções de janeiro até abril.

Tabela 3. Serviço de arborização pública.

ANO	ÁRVORES PODADAS	DESBARRAS	QUEDAS	ÁRVORES REMOVIDAS
2019	6377	11287	342	4150
2020	2542	9602	484	2717
2021*	462*	2211*	114*	164*

*Total de atividades realizadas no ano 2021, período de janeiro – 30 de abril

Fonte: Secretaria Municipal de Limpeza Urbana de Maringá (SELURB), 2021. Elaboração própria.

Quadro 1. Capacidade manutenção da arborização pública de Maringá.

TEMPO	PODAS DIÁRIAS	REMOÇÕES DE ÁRVORES DIÁRIAS	DESBARRAS	DESTOCAS			
40 h semanais* (Seg. – Sex. 8h/dia)	5 árvores/dia*	4 árvores/dia *	12 árvores/dia*	08 -10 árvores/dia*			
EQUIPAMENTOS MOTORIZADOS							
MOTOSSERRA	MOTOPODA (EM USO NA DESBARRAS)	TRITURADORES DE GALHOS	DESTOCADORES DE RAIZ				
17	2	2	2 (1 ativo e 1 em oficina sem condições de reparos)				
COMPOSIÇÃO DE EQUIPES							
EQUIPES	PODADORES	AJUDANTES	MOTORISTAS	MOTORISTAS TERCEIRIZADOS	OPERADORES	VEÍCULOS / EQUIPE	DESTINAÇÃO
3	4		1			GUINCHO 10 METROS	Poda
2		6	(1**)			CORSA	poda
1	3		1			KOMBI	

3		2	1			CAMINHÃO BASCULANTE	Recolhimento de Galhos (diário)
2		2	1			CAMINHÃO DE CARGA	
1				2		CAMINHÃO TRUCADO CARGO	Recolhimento de Lenhas (diário)
1			1			RETROESCAVADEIRA (com garra florestal)	
1		8	1			ÔNIBUS	
1		1	1			CAMINHÃO MUNK CARGO	Recolhimento de Troncos (diário)
1					2	CAMINHÃO CARGO	Destocas de raízes (diário)
1			1			GUINCHO 13 METROS (em oficina terceirizada)	poda
17	15	31	13	2	2	TOTAL	

*média pode variar conforme tamanho ou quantidade | **transporta motoristas dos guinchos

Fonte: Secretaria Municipal de Limpeza Urbana de Maringá. Elaboração própria.

Para Horikawa (2002), é importante compreender a capacidade de produção (ou processamento) para comparar com a capacidade desejada de volume de trabalho. Em levantamento feito pela SELURB, disponibilizado para essa pesquisa, mostra que a secretaria dispunha até o primeiro semestre de 2021 de 17 equipes e a respectiva capacidade diária para a manutenção da arborização urbana de Maringá que se utilizam dos equipamentos motorizados quantificados no Quadro 1.

A nomenclatura desbarra utilizada pela prefeitura é referente a poda de limpeza e, principalmente, de levantamento, importante para manter circulação em passeios e vias públicas abaixo das copas. A altura dos guinchos de 10 e 13 metros satisfazem as condições de arquitetura das copas das espécies de árvores em maior número nas vias públicas de Maringá, como por exemplo a *Caesalpinia peltophoroides* (sibipiruna) e a *Tipuana Tipu* (Tipuana) com altura total média (HT) de 11,20 e 11,92 metros respectivamente e o diâmetro de copa médio (DCOPA) 12,91 e 13,99 metros cada uma, conforme Sampaio et al. (2008 apud MARINGÁ, 2019), e portanto, serve de parâmetro para escolha de um robô capaz de operar na maioria das árvores da cidade, pois trata-se de um dos indivíduos mais altos também.

3.1. CUSTOS OPERACIONAIS E GATOS COM INDENIZAÇÕES

Uma avaliação econômica permite comparar os benefícios da automação através da robótica com o sistema atual e demais alternativas (HORIKAWA, 2002). Nos últimos sete anos é possível observar aumento nos custos operacionais como resultado de medidas de investimentos para diminuição da fila de espera pela poda como aumento no número de equipes para a execução, compra de mudas, terceirização da atividade e investimento em planejamento. No gráfico da Figura 2 estão os custos operacionais totais dos últimos sete anos com a manutenção da arborização urbana de Maringá de 2014 a 2020 e em tracejado, a linha de tendência linear, apontando um crescimento.

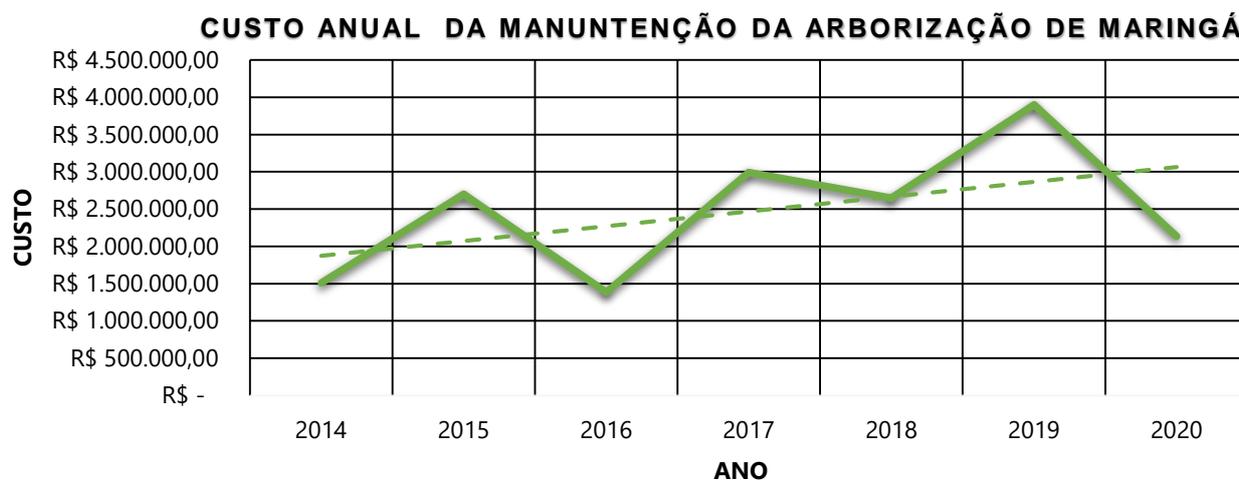


Figura 2. Custo anual da manutenção da arborização urbana.
Fonte: Portal da Transparência. Maringá, 2021. Elaboração própria.

Observa-se que dentre os maiores custos em sete anos o ano 2019 alcançou a soma de R\$ 3.901.318,19, já os gastos com indenizações referentes a arborização urbana pagos pela Prefeitura de Maringá cresceram dentro das flutuações no mesmo período. No ano de 2020, foram pagos R\$ 776.637,09 em indenizações relacionadas a arborização, o maior montante pago nos sete anos em análise. A partir dos dados disponíveis no Portal da transparência, observa-se que os fatores que mais contribuem com esses gastos são as quedas (e choques contra) de galhos, troncos e de árvores como aponta o gráfico da Figura 3 onde apresenta a linha de tendência linear com projeção para 2021:

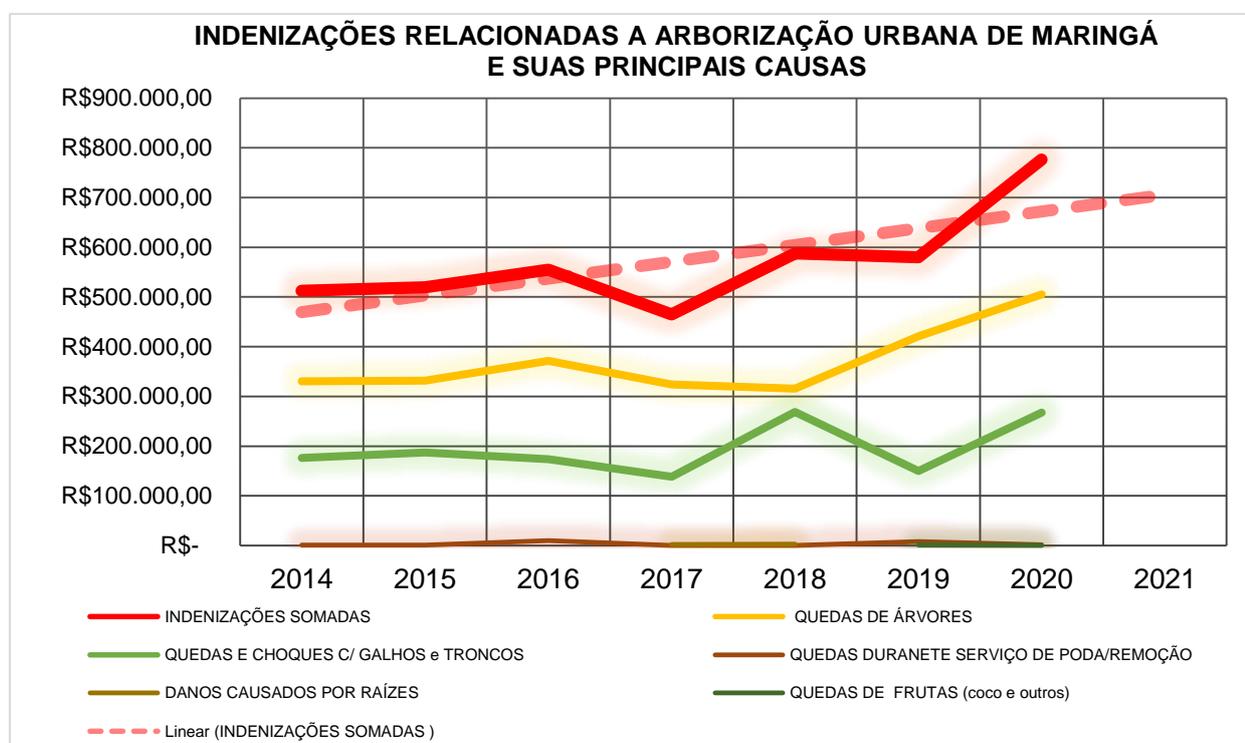


Figura 3. Indenizações relacionadas a arborização urbana de Maringá.
Fonte: Portal da Transparência. Maringá, 2021. Elaboração própria

3.2. ROBÔS EMPREGADOS PARA AS PODAS

Há projetos que já empregam robótica para poda com finalidades variadas. No caso do projeto de pesquisa e desenvolvimento (P&D) do braço robotizado tele operado por eletro-arborista em solo, descrito por Siebert et al. (2016) e LacTec (2018), em que um segundo braço robô é linearmente acoplado ao sistema do braço hidráulico de uma plataforma desenvolvida sob os moldes de um caminhão guincho de 9 metros de comprimento, que pode realizar podas com o alcance de até 15 metros. Segundo Siebert et al. (2016), o sistema é operado por meio de um joystick do controle remoto que conta um monitor com imagens em tempo real transmitidas de 4 câmeras no manipulador, formando a interface homem-máquina que permite que o operador realize o procedimento de poda utilizando motosserra, podão hidráulico e, em caso de galhos, são manipulados com garra hidráulica até a caçamba disponível no chassi do caminhão ou, os liberam ao chão para que ajudantes destinem ao triturador acoplado a traseira do mesmo.

Siebert et al. (2016) explicam que o sistema de poda robotizada desenvolvido conta com elementos isolantes no projeto para categoria C (46 kV), seguindo a normativa de cestas aéreas de eletro-arborista, segue a ABNT NBR 16092 (ABNT, 2012), e para sistemas de proteção no comando, quanto a norma EN ISO 13849-1 (comandos para segurança de máquinas) e a norma regulamentadora (NR) 12 “Segurança no trabalho em máquinas em equipamentos”. Siebert et al. (2016), referente ao aspecto de retorno financeiro, estimam que haja uma redução de aproximadamente 40% nos custos operacionais com o emprego deste novo sistema robotizado utilizado pela Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia (Coelba).

Já Reiser (2021) apresenta o robô semiautônomo do projeto Phoenix, que ainda é um protótipo em desenvolvimento na Universidade de Hohenheim na Alemanha para árvores frutíferas com a capacidade de determinar a estrutura da árvore a ser podada no pomar onde será empregado empregando uma combinação de sensor LiDAR (*Light Detection and Ranging*- Detecção de luz e alcance) e tecnologia de câmera, que é montada em um cabeçote conduzido por um braço robô UR5 que as movimentam tangencialmente a copa das árvores para criar um modelo de nuvem de pontos em três dimensões mais precisa de alto nível de detalhamento que servem de base para tomada de decisão do algoritmo que em seguida, envia comando ao mesmo braço para manipular uma motopoda.

Brito (2018) apresenta o projeto do robô ROMOVI que é um podador de vinhas que se difere do apresentado por Reiser (2021), que conta com plataforma tracionado por duas lagarta para movimentação, pois é montado a base de um “jipe” robô da plataforma comercial AGROB V16 de quatro rodas, a 80 cm do chão, cujo, o sensoramento a laser se localiza em suporte na torre traseira da base. Brito (2018) se utilizou de plataforma de simulação no projeto ROMOVI, o Gazebo, para simulação do ambiente de trabalho, que possui extensões *plugin* com software de desenho também citados por Junior (2015), que apresenta uma serie de tecnologias e métodos usados para controle de atividade autônomas. Para o projeto brasileiro de poda robotizada, o instituto LacTec (2018) concluiu que foram feitas mais de 20 diferentes simulações de braços robóticos para chegar à forma ideal do projeto para poda urbana seguindo as práticas já executadas por eletro-arboristas.

O *SolidWorks to URDF Exporter4* é um plugin compatível com *SolidWorks* para versões superiores à lançada em 2012 (BRITO, 2018). Brito (2018) explica que *SolidWorks* é um software de desenhos mecânicos. Junior (2015) documenta que a plataforma *Robot Studios*, ROS, que é *open source*, também fora utilizada no projeto ROMOVI de Brito (2018) e no projeto Phoenix de Reiser (2021), ferramentas estas interessantes para desenvolver efetadores para poda autônoma visando a agilidade do processo para se atingir o êxito.

A execução da técnica dos três cortes com elevada precisão é o parâmetro mais importante para a efetividade como instrui São Paulo(2015), sendo o ângulo do terceiro

corte bem referenciado pela bissetriz da região do colar e crista e o caule do ramo de extrema relevância, para Gilman (2011), Bedker (1995) e CEMIG (2011), onde se almeja evitar a super brotação da região do corte para que haja a regeneração da casca e compartimentalização dos ramos, conduzindo, assim, a forma da árvore no meio urbano, sendo os dois primeiros cortes, 1 inferior e 2 superior ao ramo, necessários para controle de queda e evitar a retiradas de lascas inteiras durante o corte. Esse parâmetro é controlável com o desenvolvimento da tecnologia de sensoriamento descrita por Reiser (2021) e Brito (2018).

Rosário (2005) entende um braço mecânico como partes análogas ao braço humano devido sua familiaridade (como braço e antes antebraço, movimento de pulso) e possibilidade de execução de tarefas mais complexas, como é o caso do braço de 6 graus de liberdade (antropomórfico), que satisfaz os projetos descritos por Siebert et al. (2016), com adesão de juntas prismáticas presente entre os elos no braço hidráulico (BRITO, 2018; REISER, 2021), por atenderem requisitos cinemáticos, sendo a característica estrutural um requerimento de funcionalidade crucial, conforme Tsai (2001), para a seleção de um robô.

As juntas rotativas predominantes em robôs antropomórficos são atuadas por servo motores que permitem controle de posição com precisão através da leitura de sensores tacômetros ou “*enconders* ópticos incrementais” acoplados ao eixo do rotor dos motores. Esse aspecto é interessante pois o robô garante aproximação entre um complexo volume de trabalho, área de atuação dos robôs, com diversos ângulos. Se baseando em Tsai (2001) as combinações de juntas rotativas garantem uma infinidade de vetores de aproximação conforme se altera o ângulo dos elos dos robôs e seu movimento de “pulso” na sua saída dentro dos limites do volume de trabalho do robô. No projeto descrito por Siebert et al. (2016) o sistema conta com juntas prismáticas entre os elos permitindo um transporte no trânsito nos limites do caminhão e conferindo alcance maior comparado a um braço do mesmo tamanho com apenas juntas rotativas.

Quanto a precisão é importante ressaltar que robô deverá sempre alterar seu *set point* e, por isso, deverá ter sua aproximação monitorada até o alcance da ferramenta de poda ao caule do ramo que pode estar em movimento, devido a fatores externos como vento por exemplo. O sistema de sensoriamento, descrito por Reiser (2021) e Brito (2018), é o mais promissor neste aspecto, pois permite sensoriamento de toda região da copa em três dimensões e aprimoramento do software conforme simulações.

O emprego de robótica é promissor pois Maringá detém uma demanda muito grande de uma tarefa complexa cuja a escala pode sobrecarregar os profissionais e propiciando à não execução do corte, conforme parâmetros abordado na norma ABNT NBR 16246-1, que rege e direciona as técnicas de poda seguidas por São Paulo (2015) e CEMIG (2011). Quanto ao uso de motosserra, São Paulo (2015) indica que todos os operadores devem ser capacitados, conforme a norma regulamentadora NR 12, para “Máquinas e Equipamentos”, com licença de porte e com o uso permitido pelo IBAMA, seguindo a instrução da Normativa nº31, dezembro de 2009, pois o uso desses equipamentos é muito perigoso para o operador.

É importante zerar a fila de espera, pois em um cenário de implantação de robôs de poda a prefeitura pode dedicar a emprego de medidas de caráter preventivo entre as 142.893 árvores nas vias pública na cidade, com a atenção especial a região do plano piloto nas zonas centrais da cidade, que segundo o Plano de Gestão da Arborização Urbana de Maringá (2019) se encontram as árvores mais velhas e assim evitar danos por quedas de árvores como em situações análogas de clima tempestuoso como documentado por Berezuk (2008).

Os robôs descritos por Reiser (2021) e Brito (2018) também apresentam características de interesse para o emprego de poda de formação no viveiro da cidade e de condução nas vias públicas para indivíduos recém plantados caracterizando robôs de

menor porte. Esse aspecto é interessante pois pode se refletir nos custos de compra e de manutenção de máquina. Quanto ao investimento no emprego de robótica futuramente, a viabilidade técnica se caracteriza pela produtividade e diminuição de danos e acidentes que tangem o processo.

As tecnologias de robótica aplicadas a poda encontradas no levantamento bibliográfico encontram-se em estado de desenvolvimento e validação, o que apresenta um cenário promissor pra inovação, podendo se desenvolver novas soluções a partir dos aspectos de ganho em relação a capacidade média de manejo atual levantados por este trabalho. Quanto a manutenção e mão de obra para desenvolvimento ou aplicação, sendo importante ressaltar que Maringá é um polo do ensino superior que dispõe de instrumentos e profissionais nas áreas de engenharia mecânica, elétrica e mecatrônica.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As características vantajosas das tecnologias aplicadas a projetos de robôs para poda apontam um mercado promissor mostrando que é possível o desenvolvimento e emprego dos mesmos. Os desafios são inúmeros quando se trata tanto do volume de poda exigido na cidade de Maringá. Para justificar o emprego de robôs é necessário que a capacidade de árvores/dia podadas seja superior ao já empregado se justificando economicamente pela redução de indenizações e acelerando o processo, diminuindo a fila de espera, custo operacionais e danos conforme aumenta os gatos ano a ano.

Sugestão como sequência vislumbram-se o desenvolvimento de métodos e ferramentas para flexibilização do processo, como de trocas de ferramentas, menos pausas durante o procedimento de poda de formação, condução, limpeza e levantamento e de processamento dos resíduos em solo após o manejo. Fica também com sugestão o estudo de empregos de robô para poda de formação no viveiro municipal.

REFERÊNCIAS

BEDKER, Peter John. How to prune trees. 1995.

BEREZUK, André Geraldo. EVENTOS EXTREMOS: ESTUDO DA CHUVA DE GRANIZO DE 21 DE ABRIL DE 2008 NA CIDADE DE MARINGÁ-PR. Revista Brasileira de Climatologia, [S.l.], v. 5, feb. 2017. ISSN 2237-8642. Disponível em: < <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/50483/31577> > . Acesso em: 19 de abril. 2020. doi: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v5i0.50483>.

BOVO, Marcos Clair; AMORIM, Margarete Cristiane da Costa Trindade. ÁREAS VERDES URBANAS, A IMAGEM, O MITO E A REALIDADE: UM ESTUDO DE CASO SOBRE A CIDADE DE MARINGÁ/PR/BR. Formação (Online), v. 1, n. 16, 2009. Disponível em:< <http://revista.fct.unesp.br/index.php/formacao/article/download/865/894> > Acessado em: 27 de março de 2020.

BRITO, José Nuno Gomes de. Manipulador robótico para poda automática (Projeto ROMOVI). 2018. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/113778>. Acessado em Acessado em 17 de julho de 2020.

CASTELLANOS, Leandro Barragán. et al. Tree Pruning in Electrical Network: Topic and Fundamentals in Machines and Robots. Revista Tecnología y Ciencia 2017, n. 36, p. 186-201, 2019. Disponível em: < <http://190.114.222.115/index.php/rtyc/article/view/348> > Acessado em: 16 de maio de 2020.

CEMIG. Companhia Energética de Minas Gerais. Manual de arborização. Belo Horizonte: Cemig / Fundação Biodiversitas, 2011. 112 p.: ilust. ISBN: 978-85-87929-46-4

GILMAN, Edward F. An illustrated guide to pruning. 3rd. ed. Delmar, Cengage learning, 2011. Pg 80.

HASEGAWA, Y. "Evaluation and Economic Justification", In: Handbook of Industrial Robotics, Nof, S. Y. (ed), 1 ed., John Wiley & Sons, 1985.

HORIKAWA, Oswaldo et al. CAPÍTULO 7 SELEÇÃO DE ROBÔS: ALGUNS ASPECTOS. In: HORIKAWA, Oswaldo; MARUYAMA, Newton; SANTOS FILHO, Diolino Jose dos; MIYAGI, Paulo Eigi. Seleção de robôs industriais. Robótica industrial: aplicação na indústria de manufatura e de processos [SI: sn], 2002 ... Horikawa, O., Maruyama, N., Santos Filho, DJ dos, & Miyagi, PE (2002). Seleção de robôs industriais. Robótica industrial: aplicação na indústria de manufatura e de processos. São Paulo: Edgard Blucher. Disponível em: < http://www.soldaaautomatica.com.br/index_arquivos/Arquivos/PDF%2020-UNICAMP-Cap%207-Sele%C3%A7%C3%A3o%20de%20rob%C3%B4s.pdf > Acessado em: 19 de abril de 2020.

JUNIOR, Luiz Antônio Zanlorensi; DE ARAÚJO, Voncarlos Marcelo; GUIMARÃES, Alaine Margarete. Automação em casas de vegetação: Aplicação de controles automáticos e robótica. Anais SULCOMP, v. 7, 2015. Disponível em: <http://periodicos.unesc.net/sulcomp/article/view/1784>. Acesso em 25 de abril de 2021.

MARINGÁ. PLANO DE GESTÃO DA ARBORIZAÇÃO URBANA DA CIDADE-2019. Disponível em: <http://www2.maringa.pr.gov.br/sistema/arquivos/9766d9d24016.pdf> . Acesso em 11 de Maio de 2020.

Maringá tem 13 mil pedidos para corte ou poda de árvores na fila-18 de setembro de 2018 [Site]. Portal de Notícia G1: <https://g1.globo.com/pr/norte-noroeste/noticia/2018/09/18/maringa-tem-13-mil-pedidos-para-corte-ou-poda-de-arvores-na-fila.ghtml> . Acesso em 26 de março de 2020.

MARINGÁ. Arborização. Lista de Espera da Arborização por Prioridade. [site da Prefeitura] Disponível em: < <http://sisweb.maringa.pr.gov.br:81/atendimentoarborizacao/>>. Acesso em 1 Jun. 2021.

MARINGÁ. Portal da transparência. Prefeitura da Cidade. [Domínio público]. Disponível em: <<http://venus.maringa.pr.gov.br:8090/portaltransparencia/despesa/projeto>>. Acessado em 4 de fevereiro de 2021.

Poda e remoção de árvores e varrição serão intensificadas [Prefeitura de Maringá] - 13 de fevereiro de 2019 - <http://www2.maringa.pr.gov.br/site/index.php?sessao=074784fbce5507&id=34425> – Acesso em 26 de março de 2020.

Poda Robotizada de árvores em áreas urbanas. *Projeto de P&d Desenvolvimento de Ferramental, Equipamento e Metodologia para Realização de Poda com Rede Energizada em Áreas Urbanas Através de Braço Mecânico com Comando Remoto* . lactec. 2018.

Disponível em: https://lactec.org.br/wp-content/uploads/2019/08/PED_Lactec_04_Poda_Atualizado_2018_ALTA.pdf

REISER, David; STRAUB, Jonas; GRIEPENTROG, Hans W. Autonomer Baumschnitt in Streuobstwiesen. 41. GIL-Jahrestagung, Informations-und Kommunikationstechnologie in kritischen Zeiten, 2021.

ROSÁRIO, João Maurício. Princípios de mecatrônica. São Paulo: Prentice Hall, 2005. 356 p. ISBN 85-76-0501.

SAMPAIO, André Cesar Furlaneto; DE ANGELIS, Bruno Luiz Domingos. Inventário e análise da arborização de vias públicas de Maringá-PR. Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, v. 3, n. 2, p. 37-57, 2008.

SÃO PAULO (Município). Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente. Manual Técnico de Poda de Árvores. Revisão. 2015. Disponível em: <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/MPODA.pdf> . Acesso em 18 de julho de 2021.

SIEBERT, L. C. et al. Desenvolvimento de um Equipamento Robotizado Telecomando para Poda de Árvores Junto à Rede Elétrica Energizada: Aspectos de Segurança. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 22, Curitiba – PR, 2016. Anais... Curitiba: ENEL, ABRADÉE, 2016. 12p. Disponível em: <http://abradee03.org/send2016/wp-content/uploads/2016/12/4102.pdf>. Acesso em: 19 de abril de 2020 Doi: <http://abradee03.org/send2016/trabalhos/desenvolvimento-de-um-equipamento-robotizado-telecomando-para-poda-de-arvores-junto-a-rede-eletrica-energizada-aspectos-de-seguranca/>.

TSAI, L.W. Mechanism Design: Enumeration of Kinematic Structures According to Function. Mechanical Engineering series, CRC Press, Washington, D.C., 2001.