

ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES NO BAIRRO SANTA MÔNICA (2022-2042), TUCURUÍ-PA

Augusto da Gama Rego (IFPA/Tucuruí) E-mail: augusto.rego@ifpa.edu.br
Eduarda Laiz da Costa de Moura (IFPA/Tucuruí) E-mail: eduarda.moura@ifch.ufpa.br
Emilly dos Santos Araújo (IFPA/Tucuruí) E-mail: emillydossantosoficial@gmail.com
Laís Gonçalves Portilho (IFPA/Tucuruí) E-mail: laisportilho1006@gmail.com
Mary Helen Pestana da Costa (IFPA/Tucuruí) E-mail: mary.costa@ifpa.edu.br
Luiza de Nazaré Almeida Lopes (IFPA/Tucuruí) E-mail: luiza.lopes@ifpa.edu.br

Resumo: A pesquisa possui como objetivo projetar a produção de resíduos sólidos domiciliares gerados no bairro Santa Mônica no município de Tucuruí-PA para o período de 2.022-2.042. A pesquisa se desenvolveu em duas etapas, sendo a primeira relacionada a projeção populacional e a segunda a estimativa da produção de resíduos sólidos gerados. Os resultados apresentados estimam projeção populacional urbana de 98.612 habitantes em 2.022 para 100.651 habitantes em 2.042, projeção populacional no Bairro Santa Mônica de 3.416 habitantes em 2.022 para 3.508 habitantes em 2042. Nesse sentido, considerando a produção per capita do Plano Municipal de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (0,50 kg/hab.dia) a produção estimada de RSU do bairro Santa Mônica em 2022 é de 627,17 ton./ano e para o ano de 2042 é de 640,55 ton./ano. No cenário de maior produção de resíduos sólidos (per capita de 0,800 kg/hab.dia referente a Oriximiná e a Capanema), a estimativa vai de 1003,47 ton./ano a 1024,87 ton./ano, respectivamente, de 2022 a 2042.

Palavras-chave: produção de resíduos sólidos, projeção populacional, Tucuruí-Pa.

SOLID URBAN WASTE ESTIMATION IN SANTA MÔNICA DISTRICT (2022-2042), TUCURUÍ-PA, BRAZIL

Abstract: The research aims to project the generation of solid urban waste in the Santa Mônica district in the Tucuruí, Pará, Brazil, for the period 2022-2042. The research was conducted in two stages, with the first stage related to population projection and the second to the estimation of solid urban waste generation. The presented results estimate an urban population projection of 98,612 inhabitants in 2022 to 100,651 inhabitants in 2042. The population projection for the Santa Mônica district is 3,416 inhabitants in 2022 to 3,508 inhabitants in 2042. In this context, considering the per capita waste production of the Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos of the 0.50 kg/inhabitant/day, the estimated waste production for the Santa Mônica district in 2022 is 627.17 tons/year, and for the year 2042, it is 640.55 tons/year. In the scenario of solid urban waste production (per capita of 0.800 kg/inhabitant/day, referring to Oriximiná and Capanema), the estimation ranges from 1,003.47 tons/year to 1,024.87 tons/year, respectively, from 2022 to 2042.

Keywords: solid urban waste production, population projection; Amazon, Brazil.

1. Introdução

A produção de resíduos sólidos urbanos (RSU) em ambientes urbanos traz consigo uma série de desafios complexos. Estes desafios englobam questões sociais, como desigualdade no acesso a serviços de tratamento de resíduos e riscos à saúde pública, questões econômicas ligadas aos custos associados à gestão de resíduos e à perda de recursos valiosos, bem como questões ambientais que incluem a poluição de fontes de água subterrânea e superficiais. Nesse contexto, uma gestão eficaz dos RSU não apenas reduz os impactos negativos, mas também pode gerar benefícios econômicos e ambientais, como a criação de empregos sustentáveis e a preservação dos recursos

naturais, sendo fundamental para o bem-estar das cidades e a proteção do meio ambiente. A efetiva gestão de resíduos no Brasil é crucial, especialmente na Amazônia, onde o manejo adequado dos resíduos urbanos é essencial para preservação dos recursos naturais e proteger a saúde pública, porém, o cenário histórico dessa região pode ser expressa pela realidade paraense do início do século onde a maioria dos Municípios ainda utilizavam lixões para o descarte de resíduos (93% dos 144 Municípios), com uma pequena porcentagem dos que possuíam Planos Municipais de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (PMGIRS) utilizando aterros sanitários ou controlados (6% dos 62 Municípios) (AGUIAR et al., 2021; POJÓ E NORAT; 2002).

Nesse contexto, Tucuruí está no grupo dos que possuem PMGIRS, porém, destinam seus RSU em área de lixão a céu aberto. Porém está desatualizado e, dessa forma, o Município está na maior distância possível de contemplar o planejamento e gerenciamento adequados dos RSU e, portanto, da implantação de seu aterro sanitário. Logo, está em desacordo com a Lei Federal nº 12.305/2010 que prevê que todos os rejeitos do país devem ter uma disposição final ambientalmente adequada em quatro anos após sua publicação e, assim, em desacordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, que determina que os municípios deverão elaborar e atualizar Planos (BRASIL, 2010). Os problemas do planejamento e do gerenciamento de RSU em Tucuruí passa pela fase de diagnóstico, portanto, pela falta de atualização de informações como origem, volume, caracterização dos resíduos, de destinação e de disposição final, e se tornam entrave para qualquer tomada de decisão. Sobre o exposto, uma das primeiras informações necessárias para esse passo é a projeção populacional e a projeção de produção de RSU e ao longo da pesquisa não foi identificado nenhum estudo relacionado ao tema para o município de Tucuruí.

A ausência de projeção de produção de RSU é impedimento para toda e qualquer tentativa de se atualizar o planejamento e o gerenciamento de RSU e se torna fator limitante para dimensionamento de frotas, traçado de rotas, dimensionamento de estações de transbordo, e, principalmente, dimensionamento de unidades de destinação final. Assim sendo, atualmente o Município não possui informações sistematizadas para realizar essa projeção de produção e, conseqüentemente, não possui informações suficientes para projetar sua infraestrutura para resíduos sólidos.

Quem é penalizada com esse cenário certamente é a própria população do Município, uma vez que ela sofre com todos os problemas diretos e indiretos da falta de saneamento, como as doenças, as implicações ambientais, sociais e econômicas. Portanto, o artigo traz como questionamento qual a estimativa da produção de resíduos sólidos domiciliares no bairro Santa Mônica para o período 2022-2042, como um recorte para estudo da situação na cidade de Tucuruí. Logo, o objetivo principal dessa pesquisa é projetar a produção de resíduos sólidos domiciliares gerados no bairro Santa Mônica no município de Tucuruí-PA para o período de 2.022-2.042, utilizando uma metodologia alternativa por bairros num estudo no bairro Santa Mônica utilizando estimativas populacionais e de densidades demográficas absolutas.

2. Metodologia

A pesquisa foi no município de Tucuruí-PA, que fica situada à margem esquerda do Rio Tocantins, possuindo limites com quatro municípios (Mapa 1): ao norte, Baião, ao sul, Novo Repartimento, a leste, Breu Branco e a oeste, Pacajá. Tucuruí possui área de 2.086,20 km², população estimada em 116.605 habitantes e densidade demográfica de 46,56 hab./km² (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010). A pesquisa foi

desenvolvida em duas etapas, no caso, relacionadas a estimativa da população no bairro Santa Mônica para o período 2022-2042 e a estimativa da produção de resíduos sólidos para o mesmo período.

Figura 1 – Cidade de Tucuruí-PA.

Etapa 1: estimativa da população na área de estudo

Inicialmente, foi realizado levantamento de dados demográficos em banco de dados públicos, relatórios técnicos e artigos científicos e em seguida os resultados foram utilizados para realizar a projeção da população urbana do município para o período de 2011 a 2042. Foram pesquisados três métodos para a referida projeção, o Método Aritmético, o Método Geométrico e o Método da Curva Logística. Após isso, a região ocupada na cidade de Tucuruí-PA foi delimitada no software Google Earth visando determinação dessa área em “km²” para, de posse da população urbana estimada para 2021, calcular da densidade demográfica absoluta da cidade “hab./km²” (Equação 1), vale ressaltar que 2021 foi utilizado por ser o ano de referência dos mapas. Logo, foi delimitada a região ocupada no bairro Santa Mônica para determinação de sua área em “km²”, e assim, por meio do produto entre o valor dessa área e da densidade demográfica absoluta da cidade estimar a população da área de estudo em “hab.” (Equação 2). Por fim, calculou-se a relação entre a população do bairro Santa Mônica e a população urbana do município por meio da Equação 3 e aplicou-se essa proporção às populações urbanas do município de 2022 a 2042, estimando, portanto, a população para o bairro Santa Mônica para o mesmo período, conforme Equação 4. É importante ressaltar que para essa pesquisa adotou-se um cenário de proporcionalidade constante da população do bairro Santa Mônica em relação à população urbana do Município, desconsiderando, dessa forma, qualquer fenômeno de migração entre bairros que afete essa proporcionalidade.

(Eq.1)

(Eq.2)

(Eq.3)

(Eq.4)

Onde: $D_{abs.}$: densidade demográfica absoluta (habitantes/km²);

$P_{urb.}$: população urbana (habitantes);

$A_{urb.}$: área ocupada da cidade (km²);

$P_{st.m.}$: população do bairro Santa Mônica (habitantes);

$A_{st.m.}$: área do bairro Santa Mônica (km²).

α : proporção entre a população do bairro Santa Mônica e a população urbana do Município (%);

$P_{st.m.i.}$: população do bairro Santa Mônica para o ano i (habitantes);

$P_{urb.i.}$: população urbana para o ano i (habitantes);

Etapa 2: estimativa da produção de RSU no bairro Santa Mônica

Primeiramente, foi realizada pesquisa bibliográfica e documental visando obter a maior quantidade de valores de produção per capita de resíduos sólidos domiciliares. Nesse sentido, foram utilizados como fonte os banco de dados públicos, relatórios técnicos e artigos científicos. Finalmente, os valores encontrados foram base para a estimativa da produção de RSU para o bairro Santa Mônica para o período de 2022 a 2042.

3. Resultados e discussão

Estimativa da população no bairro Santa Mônica

Por meio das pesquisas documentais, foi possível chegar a uma série histórica de 1950 a 2010, cujos comportamentos dos valores da população urbana, da população rural e da população total para o município de Tucuruí-PA são apresentados na Figura 2, sendo perceptível a aceleração do crescimento populacional durante as décadas de 70 e 80, certamente em função das obras da Usina Hidrelétrica de Tucuruí (UHE Tucuruí), porém a partir do ano de 1991 até o ano de 1996 houve diminuição da população, quando voltou a ter crescimento registrado. Vale ressaltar que analisando esse crescimento populacional que vem desde 1996 até o resultado do último censo finalizado, no caso, 2010, foi possível observar uma desaceleração do crescimento populacional, que pode ser entendida como tendência a estabilização para o período considerado.

Figura 2 – Série histórica da população do município de Tucuruí (1950 – 2010).

Dessa forma, o modelo selecionado para a projeção populacional foi o Método da Curva Logística, pois essa estabilização da população foi considerada semelhante ao comportamento de saturação da população para um Município.

Tabela 1 – População urbana projetada para o período 2011-2042.

Ano	Habitantes	Ano	Habitantes
2011	93.280	2027	99.612
2012	94.042	2028	99.755
2013	94.734	2029	99.883
2014	95.361	2030	99.997
2015	95.928	2031	100.100
2016	96.440	2032	100.192
2017	96.903	2033	100.274
2018	97.320	2034	100.347
2019	97.696	2035	100.413
2020	98.034	2036	100.472
2021	98.338	2037	100.525
2022	98.612	2038	100.572
2023	98.857	2039	100.614
2024	99.078	2040	100.651
2025	99.276	2041	100.685
2026	99.453	2042	100.715

De posse da população urbana estimada para o período 2011-2042, foi desenvolvido polígono referente a região urbana da sede do município de Tucuruí no *software Google Earth*, sendo base para determinação a área urbana, que resultou em 21,26 km², valor referente à soma dos 18,5 km² da cidade de Tucuruí com os 2,76 km² da Vila Permanente (Figura 3). Em seguida, foi calculada a densidade demográfica absoluta para a cidade, cujo resultado foi de 4.625,5 hab./km² (utilizando a população projetada para o ano de 2021).

Figura 2 – Limites das áreas urbanas ocupadas na cidade de Tucuruí-PA em 2021.

Em seguida, foi desenvolvido também no software Google Earth a delimitação da região ocupada no bairro Santa Mônica (Mapa 3), cujo resultado foi de 0,82 “km²”. Logo, foi realizado o produto entre o valor dessa área e a densidade demográfica urbana calculada a pouco, no caso, 4.625,5 “hab.km²” para a estimativa da população no bairro Santa Mônica para o ano de 2021, conforme Equação 10.

Figura 3 – Limites da área ocupadas no bairro Santa Mônica em 2021.

Por fim, calculou-se a relação entre a população do bairro Santa Mônica para o ano de 2021 (3.793 habitantes) e a população urbana do Município (98.338 habitantes) e o resultado foi de 3%. Esse valor foi aplicado a todos os valores de população urbana do município para o período 2022-2042, estimando, portanto, a população para o bairro Santa Mônica para esse mesmo período, conforme Tabela 2.

Tabela 2 – População urbana projetada para o bairro Santa Mônica para o período 2022-2042

Ano	População urbana (hab.)	Ano	População urbana (hab.)
2022	3436,53	2033	3494,45
2023	3445,09	2034	3497,01
2024	3452,77	2035	3499,31
2025	3459,67	2036	3501,36
2026	3465,85	2037	3503,19
2027	3471,40	2038	3504,84
2028	3476,37	2039	3506,30
2029	3480,83	2040	3507,62
2030	3484,82	2041	3508,79
2031	3488,39	2042	3509,84
2032	3491,59	-	-

Estimativa da produção de RSD no bairro Santa Mônica

A partir da pesquisa bibliográfica e documental sobre a produção per capita de resíduos sólidos domiciliares no Pará, chegou-se a alguns resultados entre 0,51 e 0,80 kg/hab./dia (Tabela 3). Houve bastante dificuldade para encontrar esses valores, pois não há muitos trabalhos que quantificam os per capitas de produção. Além disso, por meio do

PMGIRS de Tucuruí, chegou-se ao per capita de 0,50 kg/hab.dia para a cidade. Finalmente, utilizando os valores de per capita mínimo (0,510 kg/hab.dia de Breu Branco), per capita médio (0,676 kg/hab.dia) e per capita máximo (0,800 kg/hab.dia de Oriximiná e de Capanema), bem como o valor encontrado no PMGIRS de Tucuruí, foi estimada a produção de resíduos sólidos domiciliares para o bairro Santa Mônica em Tucuruí-Pa. Os quatro cenários de produção de resíduos sólidos domiciliares são apresentados na Tabela 4.

Tabela 3 – Alguns valores de produção per capita de RSD no Pará.

Cidade	Autor	Per capita (kg/hab.dia)			
		Valor	Mínimo	Média	Máximo
Breu Branco	Fonseca D.R.M (2009)	0,510			
Castanhal	Mattos R.M.M (2010)	0,600			
Ananindeua	Carneiro P.F.N (2006)	0,600			
Tucuruí	Fonseca D.R.M (2009)	0,690	0,510	0,676	0,800
Belém	Carneiro P.F.N (2006)	0,730			
Oriximiná	Nascimento G.C.S, Brito E.O, Santos L.S (2017)	0,800			
Capanema	Silva D.J.F, Castilho N.M (2016)	0,800			
Tucuruí	PMGIRS		0,500		

Tabela 4 – Projeções da produção de RSU no bairro Santa Mônica em Tucuruí.

Ano	População (hab.)	Produção de RSU no bairro Santa Mônica (ton./ano)			
		Mínimo	Média	Máximo	PMGIRS
2022	3.437	639,71	847,57	1003,47	627,17
2023	3.445	641,30	849,68	1005,96	628,73
2024	3.453	642,73	851,58	1008,21	630,13
2025	3.460	644,02	853,28	1010,22	631,39
2026	3.466	645,17	854,80	1012,03	632,52
2027	3.471	646,20	856,17	1013,65	633,53
2028	3.476	647,13	857,40	1015,10	634,44
2029	3.481	647,96	858,50	1016,40	635,25
2030	3.485	648,70	859,48	1017,57	635,98
2031	3.488	649,36	860,36	1018,61	636,63
2032	3.492	649,96	861,15	1019,54	637,21
2033	3.494	650,49	861,86	1020,38	637,74
2034	3.497	650,97	862,49	1021,13	638,20
2035	3.499	651,40	863,05	1021,80	638,62
2036	3.501	651,78	863,56	1022,40	639,00
2037	3.503	652,12	864,01	1022,93	639,33
2038	3.505	652,43	864,42	1023,41	639,63
2039	3.506	652,70	864,78	1023,84	639,90
2040	3.508	652,94	865,10	1024,22	640,14
2041	3.509	653,16	865,39	1.024,57	640,35
2042	3.510	653,36	865,65	1.024,87	640,55

Na Tabela 4, pode ser observada que a estimativa considerando a produção per capita do PMGIRS é semelhante à do município vizinha, no caso, Breu Branco, sendo que para o ano de 2022 a produção estimada é de 639,71 ton./ano e para o ano de 2042 é de 652,94 ton./ano. No cenário de maior produção de resíduos sólidos, a estimativa vai de 1003,47 ton./ano a 1024,22 ton./ano, respectivamente, de 2022 a 2042.

4. Considerações Finais

O gerenciamento de resíduos sólidos é muito importante para a manutenção da qualidade de vida de uma população e para a qualidade de vida da população em geral, nesse sentido a atualização do PMGIRS do município de Tucuruí torna-se necessário.

A estimativa populacional para o município de Tucuruí, mostrou-se com uma tendência de estagnação demográfica e, dessa forma, não houve grande acréscimo da população para o bairro Santa Mônica para o período até 2042.

Verificou-se na literatura e em documentos variação dos dados de produção *per capita* de resíduos sólidos urbanos no estado do Pará, e foram considerados valores de municípios com características socioeconômicas semelhantes às de Tucuruí para a projeção da produção de RSU, além do valor adotada no PMGIRS.

Os resultados apresentados estimam projeção populacional urbana de 98.612 habitantes em 2.022 para 100.651 habitantes em 2.042, projeção populacional no Bairro Santa Mônica de 3.416 habitantes em 2.022 para 3.508 habitantes em 2042. Nesse sentido, considerando a produção per capita do PMGIRS (0,50 kg/hab.dia) a produção estimada de RSU do bairro Santa Mônica em 2022 é de 627,17 ton./ano e para o ano de 2042 é de 640,55 ton./ano.

No cenário de maior produção de resíduos sólidos (per capita de 0,800 kg/hab.dia referente a Oriximiná e a Capanema), a estimativa vai de 1003,47 ton./ano a 1024,87 ton./ano, respectivamente, de 2022 a 2042. Esses valores se tornam importantes à medida em que se tem a necessidade de planejar o gerenciamento integrado de resíduos sólidos sob a ótica de atuação no âmbito dos bairros, que é considerada a menor unidade de urbanização.

Referências

AGUIAR, E. S., RIBEIRO, M. M., VIANA, J. H., & PONTES, A. N. *Panorama da disposição de resíduos sólidos urbanos e sua relação com os impactos socioambientais em estados da Amazônia brasileira*. Revista Brasileira de Gestão Urbana Vol. 13, 2021. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.013.e20190263>

AGUIAR, ALEXANDRE; JR. ARLINDO. Capítulo 10: Resíduos Sólidos: Características e Gerenciamento. Saneamento Saúde e Ambiente: Fundamentos para um desenvolvimento sustentável. Ed. 2°. Barueri: Manole, 2018.

MOTA, SUETÔNIO. Introdução à engenharia ambiental. Ed. 5°. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), 2012.

LIMA, LUIZ. Capítulo 7: Sistemas de Saneamento. Lixo: Tratamento e biorremediação. Ed. 3°. Hemus, 2004.

Brasil. Capítulo 4: Resíduos sólidos. Manual do Saneamento. Ed. 3°. Ministério da Saúde: Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), Brasília, 2004.

CINQUETTI, Heloisa Sisle. Lixo, resíduos sólidos e reciclagem: uma análise comparativa de recursos didáticos. Educar em Revista [online]. 2004, n. 23 [Acessado 28 Agosto 2022] , pp. 307-333. Disponível

em: <<https://doi.org/10.1590/0104-4060.344>>. Epub 04 Mar 2015. ISSN 1984-0411. <https://doi.org/10.1590/0104-4060.344>.

ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: Coleta e Destino Final. ABES: Ceará, 2006. Disponível em: <<http://www.cchla.ufrn.br/geoesp/arquivos/sergio/TEXTOS/APOSTILA.pdf>>. Acessado em: 29 de Ago. de 2022.

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2018/2019. ABRELPE, 2019.

NORÕES, M. G. de; MELO, F.V. S.; MELO, S. R. da S. Lixo e Coleta Seletiva: Algumas Questões a Serem Lembradas. SEGET, 2011.

MOTA, S. Introdução à Engenharia Ambiental. 3. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2002.

VIANA, Ednison; SILVEIRA, Ana Isabel; MARTINHO, Graça. Caracterização de resíduos sólidos: Uma abordagem metodológica e propositiva. Ed. 1°. São Paulo, 2015.