

AValiação da Viabilidade Técnica e Econômica de Uma Usina de Compostagem no Município de Pontal do Paraná-PR: Uma Proposta Sustentável

EVALUATION OF THE TECHNICAL AND ECONOMIC FEASIBILITY OF A COMPOSTING PLANT IN THE MUNICIPALITY OF PONTAL DO PARANÁ-PR: A SUSTAINABLE PROPOSAL

Joice Consulin Ribeiro

Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal do Paraná, Centro de Estudos do Mar, Pontal do Paraná - Paraná, consulin@ufpr.br

Cesar Aparecido da Silva

Doutor em Ecologia e Conservação, Universidade Federal do Paraná, Centro de Estudos do Mar, Pontal do Paraná - Paraná, cesar.silva@ufpr.br

Resumo

O objetivo deste estudo foi avaliar a viabilidade técnica e econômica de uma usina de compostagem no município de Pontal do Paraná, litoral do Estado do Paraná. Com base nos dados fornecidos pelo poder público, foi estimado a produção diária de matéria orgânica e dimensionado uma usina de tratamento por compostagem e avaliado os custos associados, além dos possíveis impactos ambientais e medidas mitigatórias. Foi constatado uma geração per capita de 0,55 kg/hab.dia de resíduos orgânicos, com possibilidade de aproveitamento de 27 ton/dia. Estimou-se a área de 19.008 m² para instalação do empreendimento, considerando a população atual de 32.985 habitantes e 33.838 m² em 15 anos considerando o crescimento populacional. Foi evidenciado que a compostagem é capaz de gerar uma economia de R\$5.445,90/mês. Para a implementação da usina é necessário um investimento de R\$31.532,90, e na operação o custo é em torno de R\$48.425,78/mês. Porém, com a comercialização do biocomposto gerado no processo, seria possível obter uma renda de aproximadamente R\$101.250,00/mês, atingindo uma receita bruta de R\$1.215.000,00/ano. O biocomposto poderá ser utilizado para diversos fins tais como melhorador do solo e recuperação de áreas degradadas. Em conjunto com a implementação de programas de coleta seletiva, a compostagem sugere ser tecnicamente viável e economicamente sustentável.

Palavras-chave: sustentabilidade, biocomposto, resíduos urbanos.

Abstract

The aim of this study was to assess the technical and economic viability of a composting plant in the municipality of Pontal do Paraná, on the coast of the state of Paraná. Based on data provided by the public authorities, the daily production of organic matter was estimated and a composting treatment plant was sized and the associated costs assessed, as well as the possible environmental impacts and mitigation measures. The percapita generation of organic waste was found to be 0.55 kg/inhabitant/day, with the possibility of using 27 tons/day. An area of 19,008 m² was estimated for the installation of the project, considering the current population of 32,985 inhabitants and 33,838 m² in 15 years considering population growth. It was found that composting can generate savings of R\$5,445.90/month. An investment of R\$31,532.90 is needed to set up the plant, and the cost of operating it is around R\$48,425.78/month. However, by selling the biocompost generated in the process, it would be possible to earn an income of approximately R\$ 101,250.00/month and R\$ 1,215,000.00/year. The biocompost could be used for various purposes such as improving the soil and recovering degraded areas. In conjunction with the implementation of selective collection programs, composting suggests that it is technically feasible and economically sustainable.

Keywords: sustainability, biocompost, municipal waste.

INTRODUÇÃO

O processo de urbanização do Brasil que teve início na década de 1950 intensificou os problemas ambientais no país, especialmente no que tange ao saneamento, e dentre eles, a geração de resíduos sólidos. Os resíduos sólidos advêm das atividades industriais, domésticas, comerciais, hospitalares, de serviço, agrícolas, e de varrição. A crescente geração é um desafio ambiental, juntamente com a disposição final desses resíduos (SILVA, 2013).

Destaca-se o grande número de embalagens em produtos adquiridos diariamente, os quais poderiam ser reciclados ou reaproveitados (VICENZI et al., 2019). Este aumento, para a economia, é sinônimo de crescimento. Contudo, embora tenha contribuído para a produção de bens de consumo, o uso de recursos naturais na fabricação resulta em degradação ambiental (LOVATO; SILVA, 2014; STRAPAÇÃO et al., 2018).

O tratamento dos resíduos sólidos exige explorar soluções viáveis para promover a sustentabilidade. Isso envolve a implementação de tecnologias que possam recuperar e valorizar os resíduos, em vez de simplesmente descartá-los em aterros sanitários. Ao aproveitar essas oportunidades, os resíduos podem ser transformados em um recurso que beneficia tanto a sociedade quanto o meio ambiente (SILVA; ANDREOLI, 2010).

Ainda, os custos econômicos, sociais e ambientais de um aterro sanitário são altos, além disso, sabe-se que seu tempo de vida útil é baixo, especialmente devido ao crescimento populacional. Garantir a sustentabilidade do sistema exige a implementação de uma nova abordagem para a gestão de resíduos sólidos urbanos, incluindo a coleta seletiva (MP/PR, 2012).

A coleta seletiva de materiais recicláveis é determinada pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS; Lei nº 12.305/2010). Mas geralmente, é realizada a coleta convencional, denominada coleta indiferenciada, onde os recicláveis como o papel, plástico, metal e vidro são coletados juntamente com os orgânicos (SNIS, 2021), dificultando o tratamento dos resíduos.

Sabe-se que no meio ambiente, os materiais orgânicos são degradados por organismos que reciclam os nutrientes em processos como os ciclos do carbono e do nitrogênio (SILVA; ALBERGUINI, 2022). Isto acontece, por exemplo, com as folhas das árvores que caem no solo. Entretanto, quando os materiais orgânicos são derivados de atividades humanas, ou são produzidos em grande volume e dispostos em locais inadequados como em lixões a céu aberto, podem se transformar em sério problema ambiental (EMBRAPA, 2021).

Neste sentido, destaca-se dentre as alternativas de tratamento de resíduos a compostagem. A compostagem é entendida como um processo de decomposição biológica que pode converter materiais orgânicos em fertilizantes naturais (ABNT, 1996). A escolha do melhor método de compostagem está relacionada com a quantidade de resíduos a compostar. O método natural é normalmente utilizado para até 100 toneladas/dia de resíduos orgânicos, que incluem resíduos domiciliares, de grandes geradores de orgânicos, e de poda e varrição (PRS, 2022).

A adesão da compostagem pode minimizar os custos de disposição e processamento dos resíduos sólidos urbanos e também gerar receita através da comercialização do biocomposto obtido no processo. Apesar do valor comercial do composto gerado ser baixo, quando somada essa renda ao valor reduzido mensalmente nos orçamentos públicos, devido à diminuição do volume de resíduos a ser destinados ao aterro sanitário, pode resultar em grandes economias para população que adotar essa prática sustentável (MELO; DUARTE, 2018). Além disso, tem potencial para beneficiar os trabalhadores da região, criando empregos e benefícios socioeconômicos e promovendo a sustentabilidade, a proteção ambiental e a conservação da natureza.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade de implantação de uma usina de compostagem no município de Pontal do Paraná, litoral paranaense, com

vistas a diminuir o envio dos resíduos orgânicos ao aterro sanitário e promover o uso sustentável deste recurso renovável.

DESENVOLVIMENTO

Este estudo foi realizado na cidade de Pontal do Paraná, litoral do Estado do Paraná (Figura 1). O município abrange uma área de 200.410 km², com população estimada em 32.985 habitantes no ano de 2022 (IBGE, 2022), mas esse número aumenta significativamente durante o verão devido aos turistas, sobrecarregando o sistema de gestão de resíduos do município (SILVA et al., 2020). De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, o clima de Pontal do Paraná é considerado como Subtropical Cfa, e 21,3 °C é a temperatura média, com alto grau de pluviosidade e umidade relativa do ar, a estação do ano mais chuvosa é o verão, sendo o mês de janeiro o que apresenta maior quantidade de chuva (289 mm) enquanto no período mais seco, o inverno, a quantidade de chuva chega a 100 mm; a média anual da precipitação é em torno de 2000 mm (CLIMATE-DATA, 2023).



Figura 1 – Localização do município de Pontal do Paraná

Sistema de coordenadas: SIRGAS 2000.

Fonte: Os autores (2023).

Os dados da geração de resíduos do município no período de 2012-2022 foram fornecidos pela SMMA (Secretária Municipal de Meio Ambiente) de Pontal do Paraná, e obtidos também na legislação aplicável e na literatura pertinente. Com base nestas informações, a quantidade total e percapta de resíduos sólidos urbanos gerados diariamente foi estimada para determinar o porte do empreendimento. Como o período do projeto é de

15 anos, a população durante este período foi estimada baseando-se na taxa de crescimento populacional (2,5%) com base nos censos de 2010 e 2022 (IBGE, 2022).

Como alternativa para o tratamento dos resíduos do município utilizou-se, neste trabalho, a compostagem natural em que os resíduos orgânicos são dispostos em leiras, e revirados periodicamente (SILVA; ANDREOLI, 2010). Os cálculos dimensionais da área de compostagem, e a estimativa de custos de implantação e operação da usina seguiu-se de acordo com o Manual para Implantação de Compostagem e de Coleta Seletiva no Âmbito de Consórcios Públicos do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2010).

Também foram incluídos custos com a operação e manutenção da usina de compostagem, como energia elétrica, água e esgoto. A energia elétrica foi estimada somando o consumo mensal (kWh) de equipamentos e aparelhos essenciais na operação da usina, multiplicando o total pelas tarifas da Copel (Companhia Paranaense de Energia) (COPEL, 2023). Os custos com água foram estimados e acrescidos de 80% para taxa de esgoto (SANEPAR, 2023).

As estimativas dos valores associados aos salários dos colaboradores envolvidos foram elaboradas por meio da plataforma Glassdoor, que disponibiliza a média salarial de cada região com base no Sistema Nacional de Emprego (SINE) (GLASSDOOR, 2023). Na determinação dos encargos trabalhistas foi considerado os cálculos desenvolvidos pelo Centro de Estudos Sindicais e de Economia do Trabalho (Cesit), que considera um salário contratual hipotético de U\$ 100 e calcula, a partir dos percentuais definidos em lei, o desembolso total do empregador (CAVALCANTI, 2020), estimando em 53,8% sobre o salário.

Os custos de aquisição de terrenos não foram considerados porque a prefeitura dispõe de espaço público para a implementação do projeto. Ademais, os atributos e pontuações listados na Tabela 1 foram levados em consideração para identificar, avaliar e interpretar os possíveis impactos ambientais relacionados à implantação e operação do projeto.

Além disso, para a criação da matriz de impacto ambiental, também foi calculado o Índice de Significância (IS) (Equação 1). Através do valor do IS foi possível estimar a significância do impacto (Tabela 2; BASTOS, 2013).

$$IS = (am \times 2) + (ai \times 2) + ar + aa + ad \quad (10)$$

Onde: IS: índice de significância; am: magnitude; ai: importância; ar: possibilidade de reversão; aa: abrangência; ad: duração.

tabela 1 - Atributos e pontuação utilizados na matriz de impacto ambiental para estimar os impactos ambientais associados à usina de compostagem.

Atributo	Conceito	Pontuação
Natureza do impacto	Positivo	P
	Negativo	N
Fase de ocorrência	Instalação	I
	Operação	O
Probabilidade de ocorrência	Nula	N
	Possível	P
	Certa	C
Magnitude	Pequena	1
	Média	3
	Grande	5
Importância	Pequena	1
	Média	3
	Grande	5
Possibilidade de reversão	Reversível	1
	Parcialmente reversível	3
	Irreversível	5
Abrangência	Local	1
	Regional	3
	Nacional	5
Duração	Temporária	1
	Permanente	3
	Cíclica	5

Fonte: adaptado de BASTOS (2013).

Tabela 2 – Índice de Significância.

Índice de Significância (IS)	Significância
0	Não Ocorrerá
1 a 12	Não Significativo
13 a 19	Pouco Significativo
20 a 27	Moderadamente Significativo
28 a 38	Altamente Significativo

Fonte: Adaptado de BASTOS (2013).

Observou-se que foram acumuladas 152.386,01 ton de resíduos sólidos urbanos no período analisado, com média anual de 13.853,27 ton e média mensal de 1.154,49 ton.

A maior média diária para esse período foi de 55,87 ton/dia, esse valor foi utilizado como referência para quantificação da matéria orgânica, salientando que os resíduos orgânicos representam 48% desse montante (PARANÁ, 2018). Desta forma, a quantidade a ser compostada é de aproximadamente 26,8 ton/dia. Segundo o Portal de Resíduos Sólidos

(PRS, 2022), é recomendado o método tradicional de compostagem, pois a quantidade de resíduos processados é inferior a 100 ton/dia .

A geração per capita de resíduos sólidos no município foi estimada em 1,15 kg/hab.dia, valor superior à média estadual de 0,854 kg/hab.dia (PARANÁ, 2018), e também acima da média nacional de 1,07 kg/hab.dia (ABRELPE, 2022). Os resíduos orgânicos foram estimados em 0,55 kg/hab.dia.

Também foi apontado que o município conta atualmente com a implantação da coleta seletiva de recicláveis secos pela AMCORESPP (Associação dos Operadores de Coleta de Resíduos do Município de Pontal do Paraná). Por exemplo, em 2021, o tipo de resíduo mais escolhido foi o metal (108,22 ton), seguido por papelão e plástico com 69,38 e 56,69 ton, respectivamente.

O antigo aterro sanitário de Pontal do Paraná funciona desde de 2019 como área de transbordo. No ano de 2018, foi classificado como aterro controlado e teve sua licença ambiental de operação suspensa devido à má operação (SILVA et al., 2020). Portanto, atualmente os resíduos sólidos urbanos coletados são destinados ao aterro sanitário localizado no município vizinho de Paranaguá (PROTA, 2021; PARANÁ, 2018; SNIS, 2021).

Segundo a SMMA (2022), o custo total com coleta e disposição final de resíduos sólidos urbanos em Pontal do Paraná é de R\$8.788.158,72 por ano. Neste trabalho, considera-se a compostagem como alternativa de tratamento dos resíduos do município, e sugere-se a criação de uma usina de compostagem em que sua localização seja na ZEAS (Zona Especial de Aterro Sanitário) conforme a Lei nº 9 de 28 de outubro de 2014 que dispõe sobre o Zoneamento, o Uso e a Ocupação do Solo do Município de Pontal do Paraná. Além disso, a ZEAS situa-se em uma ZDD (Zona de Desenvolvimento Diferenciado), conforme o Zoneamento Ecológico Econômico do litoral paranaense. A Figura 2 demonstra a localização sugerida sob as seguintes coordenadas: Latitude: 25° 41' 41.59" S e Longitude: 48° 30' 11.03" O.

A disposição dos resíduos orgânicos a serem tratados devem ser em leiras, ou pátio de compostagem, e deverá ser impermeabilizada com manta de PEAD (polietileno de alta densidade) para evitar a contaminação do solo e da água subterrânea. Recomenda-se também que o pátio seja coberto para proteger as leiras das fortes precipitações (Figura 3).

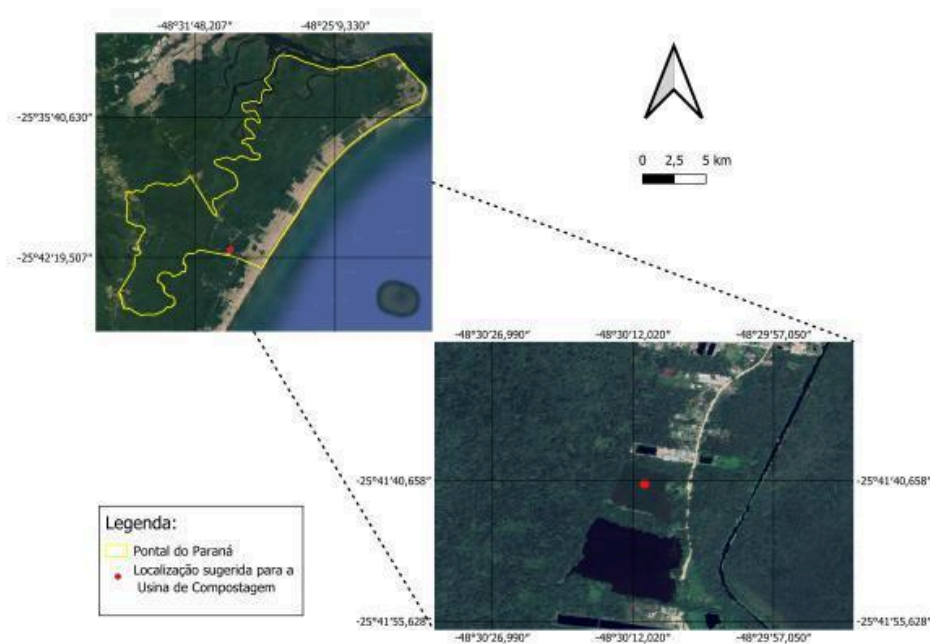


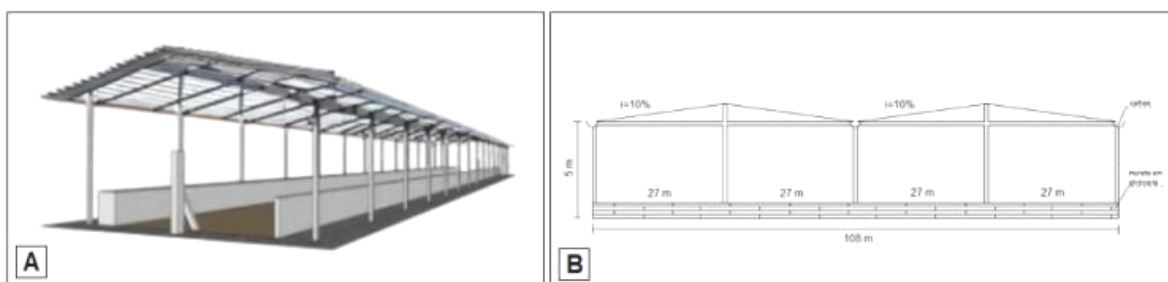
Figura 2 - Localização sugerida para a usina de compostagem no município de Pontal do Paraná-PR

Sistema de coordenadas: SIRGAS 2000.

Fonte: Os autores (2023).

Para o dimensionamento foram adotadas as recomendações do MMA (2010) com leiras de seção triangulares com base medindo 1,5m e altura de 1,5 m, e tempo de biodegradação da matéria orgânica de 120 dias, sugerindo uma leira para cada dia de coleta. Sendo assim, a área total necessária para o pátio de compostagem compreendendo as 120 leiras é igual a 17.280 m². Além disso, foi adicionada uma área de 1.728 m² correspondente a 10% da área total do pátio que será destinada ao complexo da usina. Deste modo, a área total da usina deve ser 19.008 m². Destaca-se que, no horizonte de projeto de 15 anos, a população projetada será de 48.066 habitantes, e a área total destinada para a usina deve ser 33.838 m².

Devido ao alto índice pluviométrico no litoral paranaense (acima de 2000 mm), recomenda-se que o pátio tenha uma cobertura de PRFV (poliéster reforçado com fibra de vidro) que permite a penetração solar, construído em duas águas possibilitando o escoamento para as laterais, onde serão instaladas calhas que direcionam a água da chuva para armazenamento, podendo ser utilizada para reuso. A Figura 3 demonstra a estrutura do pátio. Devido às dimensões, o pátio foi dividido em dois para facilitar a instalação da cobertura com inclinação de 10%.



Legenda:

A - Exemplo de estrutura do pátio de compostagem;

B - Faixada do pátio de compostagem.

Figura 3 - Estrutura do pátio de compostagem

Fonte: Os autores (2023).

O orçamento inicial foi estimado em R\$31.532,90 e inclui diversos parâmetros operacionais para itens de despesas propostos pelo MMA (2010; Tabela 3), e que devem ser revisados regularmente durante a operação da usina.

Tabela 3 - Investimento inicial em utensílios e equipamentos para a usina de compostagem proposta no município de Pontal do Paraná - PR.

Item	Parâmetro	Quantidade	Valor médio (R\$)	
			Unitário	Total
Termômetro de solo (haste 80 cm)	1 para 3 toneladas processadas	9	340,01	3.060,09
Peneira manual (malha 8mm)	1 por cada revirador de leira	10	25,50	255,00
Carro de mão (plástico)	1 por cada revirador de leira	10	167,07	1.670,70
Garfo (10 dentes)	1 por cada revirador de leira	10	42,50	425,00
Pá	1 para 2 toneladas processadas	14	63,75	892,50
Enxada	1 para 2 toneladas processadas	14	42,50	595,00
Mangueira 50m ¾"	1 para 2 toneladas processadas	14	191,26	2.677,64
Regador (plástico 10L)	1 para 2 toneladas processadas	14	21,25	297,50
Vassoura	1 para 2 trabalhadores de pátio	8	10,63	85,04
Vassoura metálica	1 para 2 trabalhadores de pátio	8	42,50	340,00
Balde (20L)	1 para 2 toneladas processadas	14	21,25	297,50
Motosserra	1 por unidade	1	4.431,69	4.431,69
Triturador de galhos	1 por unidade	1	3.187,61	3.187,61
Balança 500 kg	1 por unidade	1	5.153,31	5.153,31
Computador	1 por unidade	1	2.550,00	2.550,00
Impressora	1 por unidade	1	580,00	580,00
Mesa	1 por funcionário administrativo	2	361,26	722,52

Cadeira	2 por funcionário administrativo	4	106,26	425,04
Armário	1 por unidade	1	616,27	616,27
Arquivo de aço	1 por unidade	1	616,27	616,27
Microondas	1 por unidade	1	522,77	522,77
Geladeira	1 por unidade	1	1.389,80	1.389,80
Fogão	1 por unidade	1	741,65	741,65
TOTAL				31.532,90

Fonte: Os autores (2023).

Os custos de operação e manutenção são relacionados aos gastos para a realização dos serviços de compostagem e foram estimados em R\$48.425,78. Como a coleta de resíduos municipal ocorre de segunda a sábado (PREFEITURA MUNICIPAL DE PONTAL DO PARANÁ, 2023), propõe-se o funcionamento do sistema nestes dias. As estimativas salariais dos funcionários levam em consideração a jornada de trabalho de 44 horas semanais em conformidade com a Consolidação das Leis do Trabalho (BRASIL, 1943).

Segundo o MMA (2010), a partir de 1 kg de matéria orgânica tratada são obtidos aproximadamente 0,5 kg de composto, o que permite à usina de compostagem de Pontal do Paraná produzir 405 toneladas de composto por mês, ou 4.860 toneladas/ano. Segundo a Embrapa (2022), o valor médio de 1 tonelada do produto é de R\$250,00, mas pode variar dependendo da região. Isso resulta em um capital de R\$101.250,00 por mês e um faturamento anual total de R\$1.215.000,00.

Para implantação de uma usina de compostagem, é exigido por lei o Estudo de Impacto Ambiental acompanhado do Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) (CONAMA, 1986). Neste contexto, são apresentados os principais aspectos e impactos ambientais identificados para a construção e operação da usina de compostagem.

A Área Diretamente Afetada (ADA), positiva ou negativamente, são as áreas que sofrem diretamente os efeitos produzidos por uma ou mais atividades tecnológicas do empreendimento. Considerou-se a ADA como sendo a área total do empreendimento (33.838 m²) (Figura 4-A). A AID é onde os impactos incidem de forma direta sobre os recursos ambientais, e corresponde a área onde será implantado o empreendimento e seu entorno imediato (CONAMA, 1986). Foi delimitado um raio de 500 metros a partir da “borda” da ADA, representando a Área de Influência Direta (AID) (Figura 4-A).

E, finalmente foi delimitada a Área de Influência Indireta (AII) que é definida como a área real ou potencialmente afetada pelos impactos indiretos da implantação e operação do empreendimento (IBAMA, 2006). Desta forma, a AII abrange a AID e ADA, e foi considerada como sendo a área total do município de Pontal do Paraná (Figura 4-B), juntamente com o aterro sanitário de Paranaguá localizado no município de Paranaguá (Figura 4-C) sob as seguintes coordenadas: Latitude: 25° 31' 56.72" S e Longitude: 48° 39' 58.72" O.

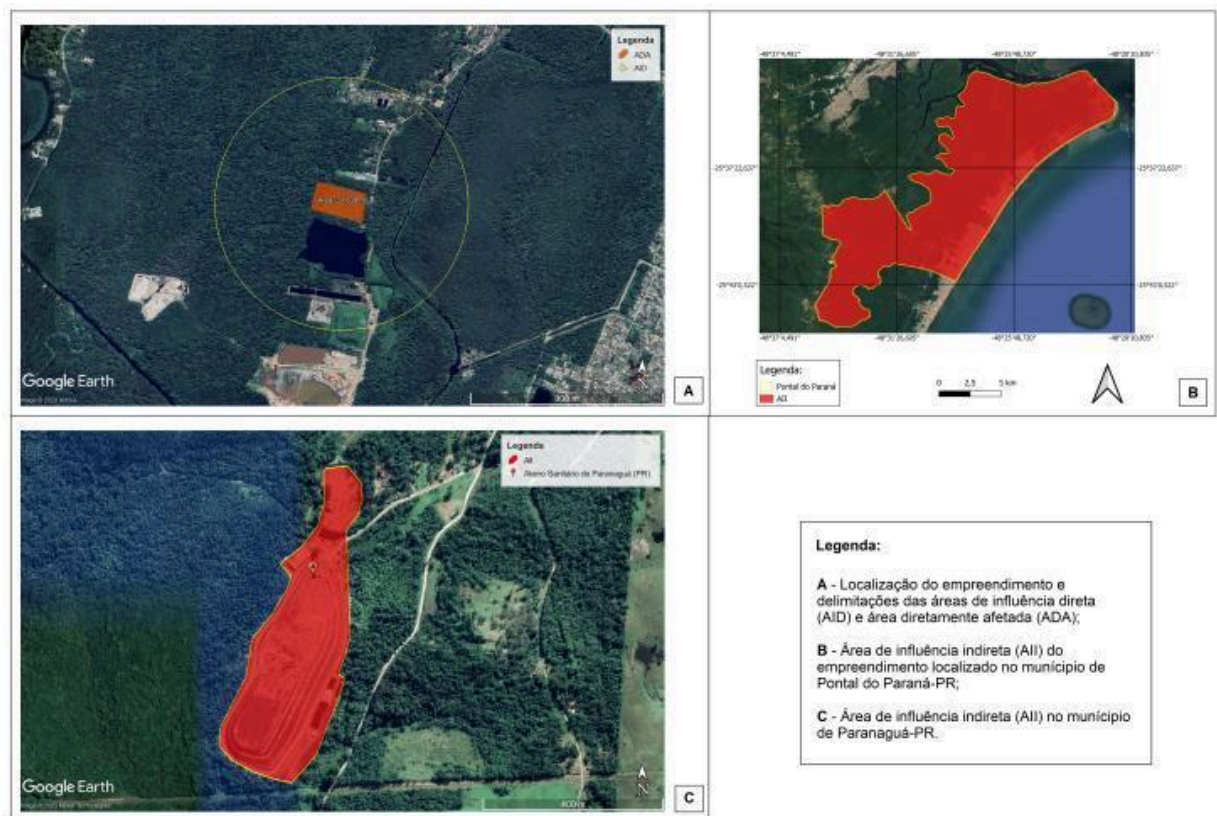


Figura 4 - Localização do empreendimento e delimitações das áreas de influência
 Fonte: Os autores (2023).

Em relação aos impactos ambientais considerando os meios biótico, físico e socioeconômico da região sugerida para o empreendimento, identificou-se possíveis 28 impactos diretos e/ou indiretos durante a instalação e operação, conforme demonstrado na matriz de impacto ambiental (Tabela 4).

Tabela 4 - Matriz de impactos ambientais estimados para o empreendimento.

Impacto	na	fo	po	am	ai	ar	Aa	ad	IS	S
MEIO BIÓTICO										
Isolamento de populações de animais silvestres em função da fragmentação da paisagem natural	N	I/O	C	5	5	3	3	5	31	AS
Perda de cobertura vegetal nativa	N	I	C	3	5	1	1	1	19	PS
Alteração da composição da fauna e desequilíbrio ecológico	N	I	C	1	5	5	3	3	23	MS
Aparecimento de vetores e espécies sinantrópicas	N	O	P	3	5	5	3	1	25	MS
Perda de habitats	N	I/O	C	5	5	3	1	3	27	MS
Alteração da paisagem	N	O	C	5	5	5	1	5	31	AS
Alterações em áreas de ocorrência de espécies endêmicas, raras ou ameaçadas	N	I/O	N							NO
Diminuição de área de ocorrência de espécies nativas	N	I/O	N							NO
Redução da variabilidade genética	N	I/O	P	3	5	1	1	1	19	PS
MEIO FÍSICO										
Alteração da qualidade de água	N	O	P	3	3	1	1	1	15	PS
Alteração do balanço hídrico	N	I/O	N							NO
Alteração nos usos da água	N	I/O	N							NO
Alteração da qualidade do ar	N	I	C	3	3	1	1	1	15	PS
Alteração do uso e ocupação do solo	N	I	C	3	3	3	1	1	17	PS
Alteração da dinâmica do ambiente	N	I/O	C	3	3	3	1	3	19	PS
Poluição por efluentes líquidos ou resíduos sólidos	N	I/O	P	3	5	1	1	5	23	MS
Geração de odores	N	O	C	5	5	3	1	1	25	MS
Aumento dos índices de ruído	N	I/O	P	3	5	1	1	1	19	PS
Contaminação do solo	N	O	P	5	5	3	1	3	27	MD
Diminuição da capacidade de regeneração do meio	N	I/O	P	1	3	1	1	1	11	NS
MEIO SOCIOECONÔMICO										
Alteração das condições da qualidade de vida	P	O	P	1	5	1	3	1	17	PS
Alteração da taxa de emprego	P	O	P	3	1	1	3	1	13	PS
Alteração das atividades comerciais e de serviços	P	I/O	P	5	1	1	3	1	17	PS
Alteração das finanças municipais	P	O	C	5	5	1	1	1	23	MS
Potencialidade de acidentes com a população local e temporária	N	I/O	N							NO
Alteração na infraestrutura local	P	I/O	C	3	5	3	3	3	25	MS
Alteração das condições de abastecimento e comercialização	P	O	C	3	1	1	3	1	13	PS
Inundações das áreas	N	I/O	N							NO

Legenda: **na**: Natureza do impacto – **P**: Positivo, **N**: Negativo; **fo**: Fase de ocorrência – **I**: Instalação/Implantação, **O**: Operação; **po**: Probabilidade de ocorrência – **N**: Nula, **P**: Possível, **C**: Certa; **am**: Magnitude – **1**: Pequena, **3**: Média, **5**: Grande; **ai**: Importância – **1**: Pequena, **3**: Média, **5**: Grande; **ar**: Reversibilidade – **1**: Reversível, **3**: Parcialmente reversível, **5**: Irreversível; **aa**: Abrangência – **1**: Local, **3**: Regional, **5**: Nacional; **ad**: Duração – **1**: Temporária, **3**: Permanente, **5**: Cíclica; **IS**: Índice de Significância; **S**: Significância – **NO**: Não Ocorrerá, **NS**: Não Significativo, **PS**: Pouco Significativo, **MS**: Moderadamente Significativo, **AS**: Altamente Significativo.

Fonte: Os autores (2023)

Os impactos mais relevantes, observados para a implementação e operação da usina de compostagem, foram o isolamento de populações de animais silvestres em função da fragmentação da paisagem natural e a alteração da paisagem, que poderiam ser mitigados com a criação de corredores ecológicos e a plantação de cercas verdes com espécies nativas.

Observou-se ainda a significância da probabilidade de contaminação por efluentes devido à biodegradação de resíduos que pode ser mitigada com um projeto de recolhimento e tratamento deste, e o seu retorno por bombeamento às leiras para controle de umidade e de aceleração do processo de tratamento, uma vez que os mesmos contêm nutrientes e microbiota oriunda da bioestabilização dos resíduos.

Com o intuito de evitar danos ao meio ambiente e à saúde pública, sugerem-se programas e ações ambientais para serem implementados considerando os meios físico, biótico e antrópico, conforme destacado na Tabela 5.

Tabela 5 - Programas e ações de controle sugeridos para a usina de compostagem de Pontal do Paraná-PR.

Programa/Ação	Descrição
MEIO FÍSICO	
Programa de monitoramento da qualidade do solo	Devido ao acondicionamento dos resíduos sobre o solo, este programa se faz necessário para mitigar os possíveis impactos à qualidade do solo que pode ser gerado pela operação da usina. Deve-se atentar à flora bacteriana existente, bem como insetos e invertebrados que garantem o equilíbrio no solo. O programa também deve visar averiguar e garantir que os efluentes gerados não contaminem o solo, garantindo uma impermeabilização permanente.
Programa de Gestão de Resíduos Sólidos (PGRS)	A unidade de compostagem deverá criar um protocolo para a triagem dos resíduos, separando-os de acordo com os materiais que o compõem dentro da usina devido à sua operação, tais como a geração de resíduos das atividades administrativas. Dentre os objetivos deste programa estão: reduzir a geração de resíduos, evitar contaminação do solo e águas superficiais, implementar dispositivos de acondicionamento, e métodos de coleta e disposição final dos resíduos.
Manutenção de cerca viva	Sugere-se o uso de cercas vivas no entorno da usina para evitar o mau odor devido à decomposição da matéria orgânica, além de mitigar a propagação de ruídos para o meio externo e alterações à paisagem.
MEIO BIÓTICO	
Programa de monitoramento da fauna	É necessário realizar um monitoramento constante da fauna na área de influência da usina com o intuito de mitigar possíveis danos à biota, utilizando de procedimentos de análise de dados, baseado nos princípios de ecologia de comunidades.
Plano de recomposição da área desmatada	Este plano visa recuperar a identidade visual botânica do local através da classificação de algumas espécies endêmicas e o reflorestamento, quando necessário, abrangendo toda a vegetação da área de influência.
Programa de monitoramento de vetores	Este programa está baseado no controle e monitoramento, visando a prevenção da transmissão de vetores e proliferação de doenças.
MEIO ANTRÓPICO	
Programa de educação socioambiental	Recomenda-se que sejam aplicadas campanhas em escolas, organizações públicas e privadas, e para toda a população sobre a importância da compostagem, incentivando a segregação dos resíduos para poderem ser utilizados para a compostagem, e esclarecimentos sobre o processo, incluindo seus benefícios e possíveis bônus econômicos, a fim de introduzir o hábito na comunidade.

Fonte: Os autores (2023)

Em síntese, este trabalho mostrou que a usina de compostagem é viável tecnicamente, trazendo ganhos socioeconômicos e ambientais. Além disso, há a possibilidade de consórcio entre os municípios vizinhos para ampliar a produção e as vendas, o que provavelmente resultaria em melhoria de resultados.

CONCLUSÃO

Conclui-se que a geração de resíduos do município, considerando as baixas e altas temporadas, é inferior a 100 ton/dia, sendo possível utilizar o sistema de leiras para tratamento através do processo de compostagem tradicional, que utiliza a fermentação aeróbica. A área mínima necessária para a implementação da usina de compostagem é estimada em 19.008 m², considerando 120 dias de maturação para cada leira de 65 m², e de 33.838 m² considerando o horizonte do projeto, de 15 anos. O investimento inicial é cerca R\$31.532,90, e o custo mensal de operação e manutenção é de aproximadamente R\$48.425,78. Os gastos somados com coleta e destinação final dos resíduos sólidos urbanos chegam a R\$732.346,56 por mês, sendo que destes, R\$263.273,26 é referente à destinação final. Com a adesão do processo de compostagem dos resíduos orgânicos, cerca de R\$5.445,90/dia ou R\$65.349,79/mês poderiam ser poupados na destinação final dos resíduos sólidos urbanos. A usina proposta tem capacidade de geração de 405 ton/mês de biocomposto, podendo gerar um capital mensal de R\$ 101.250,00, considerando o gasto mensal da usina de compostagem, o lucro mensal estimado pode chegar a R\$ 52.824,22, ou R\$ 633.890,64/ano. Diante do exposto, considerando os custos, os riscos e as possibilidades de retorno financeiro, conclui-se que a implantação da usina de compostagem no município de Pontal do Paraná é técnica e economicamente viável, além de ambiental e socialmente sustentável.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de normas Técnicas. **NBR 13591/1996: Compostagem – Terminologia**. Rio de Janeiro, 1996.

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil, 2022**. Publicação: dezembro de 2022.

BASTOS, Leonardo Pussieldi.; **Matriz e índice de avaliação de impactos ambientais para a Implantação de pequenas centrais hidrelétricas**. Dissertação (Mestrado). Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento - LACTEC, Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento de Tecnologia – PRODETEC. Curitiba, 2013.

BRASIL. **Decreto-Lei nº 5.452 de 01 de maio de 1943**. Aprova a Consolidação das Leis do Trabalho (CLT). Diário Oficial da União: de 09/08/1943, pág. nº 11937, Brasília, DF.

CAVALCANTI, Luiz Ricardo. **Encargos trabalhistas no Brasil**. Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado, outubro 2020 (Texto para Discussão nº 288). Disponível em: <<https://www12.senado.leg.br/publicacoes/estudos-legislativos/tipos-de-estudos/textos-para-discussao/td288>> Acesso em: 18 mai. 2023.

CLIMATE-DATA. **Clima Pontal do Paraná (Brasil)**. 2023. Disponível em: <> Acesso em: 25 out. 2023.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 1 de 23 de janeiro de 1986**. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Diário Oficial da União: de 17/02/1986, Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF.

COPEL – Companhia Paranaense de Energia. **Tarifas de energia elétrica. Classe: B3 – Comercial, Subclasse: Água, Esgoto e Saneamento Básico.** 2023. Disponível em: <<https://www.copel.com/site/copel-distribuicao/tarifas-de-energia-eletrica/>> Acesso em: 26 mar 2023.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Resíduos orgânicos.** 2021. Disponível em: <[https://www.embrapa.br/hortaliza-nao-e-so-77salada/secoes/residuos-organicos#:~:text=Os resíduos orgânicos são constituídos,%2C grama cortada%2C podas diversas.](https://www.embrapa.br/hortaliza-nao-e-so-77salada/secoes/residuos-organicos#:~:text=Os%20residuos%20org%C3%A0nicos%20s%C3%A3o%20constitu%C3%ADdos,%20C%20grama%20cortada%20C%20podas%20diversas.)> Acesso em: 29 jul 2022.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Compostagem de resíduos orgânicos para uso na agricultura.** 2022. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/agrobiologia/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/129/compostagem-de-residuos-organicos-para-uso-na-agricultura#:~:text=A%20compostagem%20%C3%A9%20uma%20tecnologia, reaproveitados%20na%20agricultura%20com%20seguran%C3%A7a>> Acesso em: 25 jul 2022.

GLASSDOOR. **Pesquisa salarial.** 2023. Disponível em: <<https://www.glassdoor.com.br/member/home/index.htm>> Acesso em: 26 mar 2023.

IAT – Instituto Água e Terra. **Zoneamento Ecológico Econômico do Paraná – ZEE/PR, Fase Litoral.** 2010. Mapa prognóstico.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis. **Instrução Normativa 125, de 18 de outubro de 2006.** Diário Oficial da União: de 23/10/2006, Brasília, DF.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pontal do Paraná, Panorama.** Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/pontal-do-parana/panorama>> Acesso em: 20 ago. 2022.

LOVATO, P.; SILVA, C.A . Diagnóstico dos resíduos sólidos domiciliares no município de Rolândia - PR. RCA. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 8, p. 37-45, 2014.

MELO, Catarina Xavier de; DUARTE, Sibeles Thaise. **Análise da compostagem como técnica sustentável no gerenciamento dos resíduos sólidos.** Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, Vol. 5, Nº 10, p. 691-710 - 31 ago. 2018. Disponível em: <<http://revista.ecogestaobrasil.net/v5n10/v05n10a21a.html>> Acesso em: 27 ago 2020.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Manual para implantação de compostagem e de coleta seletiva no âmbito de consórcios públicos.** Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano, outubro de 2010.

MP/PR – Ministério Público do Estado do Paraná. **Unidades de Triagem e Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos: Apostila para a gestão municipal de resíduos sólidos urbanos.** Centro de Apoio Operacional às Promotorias de Meio Ambiente. Curitiba, 2012.

PARANÁ. **PERS/PR: Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Paraná.** Relatório 9.5, Produto 9.5, Relatório contendo os estudos econômicos para resíduos sólidos, Subsídios ao planejamento estratégico de PERS/PR; Relatório Síntese; rp3 - Relatório contendo o resultado das visitas técnicas municipais. Curitiba: Contrato de repasse Nº 375.157-11/2011/MMA/CEF, maio de 2018.

PONTAL DO PARANÁ. **Lei Complementar nº 9 de 28 de outubro de 2014**. Dispõe sobre o Zoneamento, o Uso e a Ocupação do Solo do Município de Pontal do Paraná, Estado do Paraná. Pontal do Paraná: Câmara Municipal, 2014.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PONTAL DO PARANÁ, Governo Municipal. Luiz Michelin Junior, do setor de Imprensa, publica em 01 de fevereiro de 2023, no site da prefeitura municipal: **Atenção para as informações sobre coleta de resíduos e seletiva em Pontal do Paraná**. 2023. Disponível em:

<<http://www.pontaldoparana.pr.gov.br//index.php?sessao=b054603368vfb0&id=1452219>> Acesso em: 28 mai 2023.

PROTA, Marina. **Aterros sanitários do litoral têm diferentes realidades, mas futuro pede mudança**. jblITORAL. Paranaguá, Paraná, nov. 2021. Disponível em: <<https://jblitoral.com.br/aterros-sanitarios-do-litoral-possuem-diferentes-realidades-mas-futuro-pede-mudanca/>> Acesso em: 15 mai. 2023.

PRS - Portal Resíduos Sólidos. **Compostagem De Resíduos Sólidos Orgânicos Urbano**. Belém do Pará, 2022. Disponível em: <<https://portalresiduossolidos.com/compostagem-de-residuos-urbanos/>> Acesso em: 27 ago 2022.

SANEPAR – Companhia de Saneamento do Paraná. **Tabela de Tarifas de Saneamento Básico 2022. Anexo I da Resolução 009/2022 da AGEPAR - 13/04/2022. Categoria: Comercial / Utilidade Pública / Poder Público**. Curitiba, 2022.

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Panorama do Saneamento Básico no Brasil**. Ano de referência: 2021. Brasília: dezembro de 2021.

SILVA, Cesar Aparecido da.; ANDREOLI, Cleverson Vitorio. Compostagem como alternativa à disposição final dos resíduos gerados na CEASA Curitiba/PR. **Rev. Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal**, v. 7, n. 2, p. 027-040, 2010.

SILVA, C.A. **Gerenciamento de resíduos sólidos**. Curitiba: IFPR, 2013.

SILVA, C.A.; D'OLIVEIRA, A.C.; FIGUEIREDO, M.V.O., PRANDINI, M.K. **Análise da geração de resíduos sólidos em Pontal do Paraná, Litoral Paranaense**. Engenharia Ambiental e Sanitária Interfaces do Conhecimento 3. Atena Editora, 2020.

STRAPAÇÃO, S.; CARDINALI, S.; SILVA, C.A. Análise da geração de resíduos sólidos domiciliares do município de campo magro - PR, Brasil. Extensão em foco, v. 18, p. 89-102, 2018.

VICENZI, D. ; SILVA, C ; FRANCA, R.G. Diagnóstico dos resíduos sólidos domiciliares da cidade de Guatambu-SC. Revista Técnico Científica do CREA-PR , v. 8, p. 1-21, 2019.

SILVA, Cesar Aparecido da.; ALBERGUINI, Eliandra Maria Zandoná. **Ecologia aplicada à engenharia ambiental e sanitária**. In: SILVA, Cesar Aparecido da (org.). Engenharia ambiental e sanitária. Pontal do Paraná, 2022. v. 1. Ebook. p.81-100. Disponível em: <<http://www.cem.ufpr.br/portal/ambientalsanitaria/>> Acesso em: 27 mai 2023.