RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.
Año VII, vol. 1 2026 | Envío: 26/03/2026 | Aceptado: 28/03/2026 | Publicación: 30/03/2026

Biodigestores en restaurantes y patios de comidas: un estudio técnico-económico y regulatorio.

Biodigestores em Restaurantes e Praças de Alimentação: Um Estudo Técnico-Econômico e Regulatório.

Biodigesters in Restaurants and Food Courts: A Technical-Economic and Regulatory Study.

Bruno Felipe da Silva
Guilherme da Silva Missias
Telma Nagano de Moura (Supervisora)

Resumen:
Este artículo analiza, desde perspectivas técnicas, económicas y regulatorias, el tratamiento de residuos orgánicos en restaurantes y patios de comidas de tamaño mediano. Examina los escenarios brasileños e internacionales en cuanto a métodos de recolección, separación y disposición de residuos, así como el mercado de biodigestores para aplicaciones comerciales. Se evalúan las tecnologías aplicadas, los costos de implementación, la viabilidad financiera, la producción de biogás y biofertilizantes , la integración energética y la normativa vigente. El estudio culmina con proyecciones y tendencias de mercado para soluciones automatizadas e híbridas, señalando vías sostenibles y económicamente viables para el sector.

Palabras clave: biodigestor, residuos orgánicos, biogás, biofertilizante , restaurantes, viabilidad económica, regulación.

Resumo:
Este artigo analisa, sob as perspectivas técnica, econômica e regulatória, o tratamento de resíduos orgânicos em restaurantes de médio porte e em praças de alimentação. Examina-se o cenário brasileiro e estrangeiro quanto aos métodos de coleta, separação e disposição de resíduos, bem como o mercado de biodigestores para aplicações comerciais. Avaliam-se tecnologias aplicadas, custos de implantação, viabilidade financeira, produção de biogás e de biofertilizante, integração energética e regulamentação. O estudo culmina em projeções de mercado e tendências para soluções automatizadas e híbridas, apontando caminhos sustentáveis e economicamente viáveis para o setor.

Palavras-chave: biodigestor, resíduos orgânicos, biogás, biofertilizante, restaurantes, viabilidade econômica, regulamentação.

Abstract:
This article analyzes, from a technical, economic, and regulatory perspective, the treatment of organic waste in medium-sized restaurants and food courts. It examines the Brazilian and international scenarios for methods of waste collection, separation, and disposal, as well as the market for biodigesters for commercial applications. Applied technologies, implementation costs, financial viability, biogas and biofertilizer production, energy integration, and regulation are evaluated. The study culminates in market projections and trends for automated and hybrid solutions, pointing to sustainable and economically viable paths for the sector.

Keywords: biodigester, organic waste, biogas, biofertilizer, restaurants, economic viability, regulation

1. Introducción

Los residuos orgánicos generados por los establecimientos de alimentos representan una fracción significativa de los residuos sólidos urbanos. Su gestión inadecuada, incluyendo su disposición en vertederos o sistemas de alcantarillado, provoca impactos ambientales como emisiones de gases de efecto invernadero, contaminación de aguas superficiales y subterráneas, y problemas de saneamiento derivados de su vertido en basureros o fuentes de agua. Este artículo presenta un estudio exhaustivo sobre las prácticas actuales de separación y limpieza, el desempeño del mercado de biodigestores adaptados a restaurantes y patios de comidas, y las perspectivas técnicas, económicas y legales aplicables a Brasil.

2. Estudiar los métodos de separación y limpieza de estos residuos orgánicos en la actualidad en Brasil y en el extranjero.

En Brasil, los métodos más comunes para separar y limpiar los residuos orgánicos en los restaurantes implican el uso de trampas de grasa . Trampas de residuos, obligatorias en establecimientos de servicio de alimentos según la legislación de ANVISA[1], así como trituradoras (maceradores) y separadores de sólidos y grasas, como barreras primarias antes del vertido a los sistemas de alcantarillado. En algunos países europeos y en EE. UU., las prácticas avanzadas incluyen sistemas de recogida biológica selectiva con transporte refrigerado y tratamiento descentralizado, mediante compostaje o biodigestión in situ , reduciendo el volumen enviado a vertederos. Este enfoque favorece la economía circular y la recuperación de energía.

3. Porcentaje actual de recolección y separación de estos residuos en Brasil y en el extranjero.

En Brasil, la tasa de recolección y separación de residuos orgánicos sigue siendo baja. Se estima que solo entre el 3 % y el 5 % de los residuos orgánicos urbanos se recolectan por separado para compostaje o biodigestión . En contraste, en países de la Unión Europea como Alemania y Austria, esta tasa puede superar el 50 %, gracias a las políticas públicas y la infraestructura especializada para residuos orgánicos. Esta discrepancia pone de manifiesto el potencial latente en Brasil para ampliar la recolección y reutilización de estos residuos.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.
Año VII, vol. 1 2026 | Envío: 26/03/2026 | Aceptado: 28/03/2026 | Publicación: 30/03/2026

4. Impacto de los residuos orgánicos en la naturaleza, las aguas residuales, los ríos y la capa de suelo en los vertederos.

Los residuos orgánicos depositados en vertederos o vertidos en sistemas inadecuados generan metano durante su descomposición anaeróbica, un gas con un potencial de calentamiento global aproximadamente 25 veces mayor que el del CO_2. Además, los lixiviados tóxicos resultantes de la descomposición pueden contaminar los suelos y las aguas subterráneas, afectando la calidad del agua y la biodiversidad. Al ser vertidos en las alcantarillas, los residuos sólidos y grasos provocan obstrucciones y aumentan los costos de mantenimiento del sistema. Su deposición en ríos y cuerpos de agua promueve la eutrofización, impactando los ecosistemas acuáticos y la salud humana.

5. Empresas que recogen estos residuos y generan un mercado para ellos.

En Brasil, empresas como Emaús Ambiental y Ambev (a través del proyecto “Troca de Trocento ”) y startups como Compost Group y Óleow implementan la recolección selectiva de residuos orgánicos en restaurantes y patios de comidas, transformándolos en compost o biogás. Las herramientas digitales y las aplicaciones de logística colectiva han facilitado la conexión entre los puntos de generación de residuos y las unidades de compostaje o digestión, impulsando la creación de un mercado para los residuos que antes se desechaban.

6. Mercado actual de biodigestores en un perfil comercial, restaurantes

El mercado brasileño de biodigestores para uso comercial está en expansión, con proveedores que ofrecen desde soluciones modulares prefabricadas (HomeBiogas , tanques rotomoldeados) hasta reactores continuos de tamaño mediano (CSTR, de flujo pistón), ya integrados con sistemas de tratamiento, pretratamiento y monitoreo. Establecimientos como restaurantes y patios de comidas de tamaño pequeño a mediano han sido el foco de proyectos piloto y planes de implementación.

7. Tipos más utilizados en restaurantes

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.
Año VII, vol. 1 2026 | Envío: 26/03/2026 | Aceptado: 28/03/2026 | Publicación: 30/03/2026

Los tipos más comunes de biodigestores para restaurantes incluyen:

a) Unidades modulares “plug & play” como HomeBiogas : sistemas compactos para unos pocos metros cúbicos de biodigestión ;
b) Tanques prefabricados de HDPE: como biodigestores combinados con fosas sépticas para instalaciones pequeñas;
c) Reactores CSTR (*Continuos) Movido Tanque Reactor*): tanques de mezcla continua, adecuados para cargas orgánicas mixtas y alimentación constante;
d) de flujo pistón /flujo continuo: eficientes para residuos con contenido moderado de sólidos, pero más sensibles a las variaciones de carga;
e) UASB (*flujo ascendente) Anaeróbico Lodo Manta*): más adecuada para efluentes líquidos, utilizada en sistemas integrados centrados en la porción líquida de los residuos.

8. Costo promedio de compra de un biodigestor para uso en un restaurante.

El coste de adquirir un biodigestor para restaurantes varía en función de su capacidad, la tecnología utilizada y el nivel de automatización.

a) Sistemas modulares compactos (hasta 3 m³): con precios que oscilan entre R$ 1.500,00 y R$ 5.000,00, generalmente fabricados en polietileno de alta densidad (HDPE) y adecuados para cocinas pequeñas o restaurantes con bajo volumen de residuos.
b) Sistemas de tamaño mediano (de 5 a 15 m³, con pretratamiento simple): con precios que oscilan entre R$ 15.000,00 y R$ 80.000,00, incluyendo bomba, mezclador y elementos básicos de seguridad.
c) Sistemas comerciales completos (de 20 a 100 m³, con control de temperatura, agitación y purificación de gases): los precios oscilan entre R$ 100.000,00 y valores que superan los R$ 500.000,00, dependiendo de la complejidad del proyecto y la integración energética.

Estos precios incluyen únicamente el equipo y la instalación básica, y no cubren los costos de obras civiles, licencias ni capacitación del personal operativo.

9. Viabilidad financiera de un biodigestor para un restaurante de tamaño mediano.

La viabilidad depende de tres factores principales:

1. Ahorro de costes con la sustitución del GLP: los restaurantes que gastan más de R$ 4.000,00 al mes en gas tienden a obtener un retorno de la inversión más rápido.
2. Reducción de los costes de recogida de residuos: según el municipio, la eliminación de residuos orgánicos en vertederos está sujeta a una tasa; la digestión in situ reduce este coste.
3. Venta o uso de biofertilizantes : puede generar ingresos adicionales o reducir los costos de adquisición de fertilizantes para huertos domésticos.

Los estudios indican un período de amortización de entre 2 y 5 años para sistemas medianos bien diseñados, teniendo en cuenta la sustitución del 30% al 50% del GLP y el ahorro en transporte y eliminación de residuos.

10. Tecnología y parámetros de diseño (biodigestores utilizados actualmente en el mercado de la restauración)

En Brasil, predominan dos formatos tecnológicos para los restaurantes:

a) CSTR (Continuo) Movido Tanque Reactor) en régimen mesófilo (35–37 °C), con un tiempo de retención hidráulica (TRH) de 20 a 30 días y una tasa de carga orgánica (TCO) de 3 a 6 kg de sólidos volátiles/m³.día.
b) flujo pistón , adecuado para residuos más sólidos, con un TRH (Transferencia de Recursos Humanos) de entre 30 y 40 días. Al comparar los sistemas convencionales con los modelos automatizados (sensores de pH, temperatura, presión y nivel), se observa lo siguiente:

i. Mayor estabilidad operativa en los sistemas automatizados;
ii. Capacidad para operar con OLR más altos gracias al control en tiempo real;
iii. Menor necesidad de intervención humana, lo que reduce el riesgo de fallos operativos.

11. Instalación de biogás para funcionamiento híbrido con GLP.

La integración de biogás y GLP es técnicamente factible y se utiliza ampliamente en países asiáticos y europeos. En Brasil, esta instalación debe cumplir con las normas técnicas de la ABNT (NBR 15526 y NBR 13523), utilizando:

- Mezclador automático de gases (mezcla) para garantizar la presión y composición adecuadas;
- Válvulas antirretorno para evitar el reflujo de la llama ;

- Depósitos de biogás con desulfuración para eliminar el H_2S, previniendo la corrosión y el mal olor.

El sistema híbrido permite la conmutación automática entre GLP y biogás, manteniendo un funcionamiento continuo durante las horas punta.

12. Producción estimada de biogás/metano

La producción de biogás se puede estimar de dos maneras:

- Mediante ensayo BMP (Bioquímico) Metano Potencial (PV): análisis de laboratorio que mide la cantidad de metano generado por kg de sólidos volátiles (SV).
- Basado en valores típicos de la literatura: para los residuos de alimentos, el rango es de 0,45–0,60 m^3 CH_4/kg SV, lo que corresponde a ~0,8–1,1 m^3 de biogás/kg SV. Ejemplo práctico: Un restaurante que genera 120 kg/día de residuos orgánicos con un 20 % de sólidos totales y un 80 % de SV produciría: SV/día = 120 × 0,2 × 0,8 = 19,2 kg SV/día;
- CH_4/día = 19,2 × 0,5 m^3/kg = 9,6 m^3 CH_4/día (~96 kWh/día de energía térmica).

Estimación de la producción de biofertilizantes

Durante el proceso de digestión anaeróbica, la materia orgánica se descompone, generando biogás y un efluente líquido rico en nutrientes, el digestato . En los biodigestores de residuos alimentarios, la proporción típica entre los residuos tratados y el biofertilizante producido es de 0,8 a 1,0 litro de biofertilizante por kg de residuos húmedos. Ejemplo práctico para un restaurante de tamaño mediano:

- Residuos diarios: 120 kg.
- Producción diaria de biofertilizante : entre 100 y 120 litros.
- Producción anual: de 36.000 a 43.800 litros.

El digestato es una fuente de nitrógeno, fósforo, potasio y micronutrientes, y puede aplicarse directamente al suelo o después de procesos de estabilización .

Mercado de biofertilizantes y comparación con fertilizantes 100% naturales y libres de pesticidas.

mercado brasileño de biofertilizantes está creciendo, impulsado por la agricultura orgánica y la presión por prácticas sostenibles. Diferencias clave:

- Biofertilizante de biodigestor : resultante de la descomposición anaeróbica, con alta biodisponibilidad de nutrientes y acción más rápida en el suelo.
- Fertilizante orgánico tradicional: se obtiene mediante compostaje aeróbico, con una liberación más lenta de nutrientes.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), el uso de biofertilizantes puede aumentar la productividad de las hortalizas hasta en un 25 % en comparación con los fertilizantes orgánicos tradicionales.

15. Análisis costo-beneficio de la producción de biofertilizantes

El costo de producir biofertilizante es prácticamente cero tras la implementación del biodigestor, considerando que la materia prima es un residuo que ya tendría un costo de eliminación. El valor de mercado de los biofertilizantes líquidos en Brasil varía entre R$ 0,80 y R$ 3,00 por litro. Por lo tanto, para un restaurante que produce 36 000 litros al año, los ingresos potenciales (o ahorros, si se usa internamente) pueden oscilar entre R$ 28 800,00 y R$ 108 000,00 al año.

16. Coste de la logística de trituración de residuos

La etapa de pretratamiento de residuos es fundamental para aumentar la eficiencia del biodigestor. Equipos como trituradoras y despulpadoras industriales tienen un costo de adquisición de R$ 2.000,00 a R$ 15.000,00 para aplicaciones comerciales. El costo operativo incluye:

- Consumo eléctrico (aproximadamente de 1 a 3 kWh por tonelada de material triturado);
- Mano de obra para la operación;
- Mantenimiento preventivo.

Para los restaurantes que ya utilizan equipos similares en sus cocinas, el impacto adicional es mínimo.

17. Purificación/acondicionamiento del biogás

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.
Año VII, vol. 1 2026 | Envío: 26/03/2026 | Aceptado: 28/03/2026 | Publicación: 30/03/2026

El biogás crudo contiene impurezas como H_2S, CO_2 y vapor de agua, que pueden dañar los equipos y reducir la eficiencia. Pasos típicos de purificación:

- Desulfuración : uso de filtros de hierro o carbón activado para eliminar el H_2S;
- Secado: condensadores o gel de sílice para la eliminación de la humedad;
- Mejora del biometano : eliminación de CO_2 para elevar el contenido de CH_4 por encima del 96%, haciéndolo equivalente al gas natural .

Los sistemas compactos para restaurantes cuestan entre R$ 5.000,00 y R$ 25.000,00, dependiendo del nivel de automatización.

18. Integración energética (sustitución parcial del GLP)

El biogás tiene un poder calorífico inferior (~5,5 kWh/m³) en comparación con el GLP (~12,8 kWh/kg). Por lo tanto, para sustituir el 30 % del consumo de GLP de un restaurante medio (que consume 400 kg/mes), se necesitarían aproximadamente 650 m³ de biogás al mes. Ventajas:

- Reducción de los costes operativos;
- Reducir las emisiones de CO_2;
- Independencia parcial de los proveedores de gas

19. Análisis de viabilidad económica (CAPEX/OPEX, ahorros de GLP, período de recuperación) CAPEX (inversión inicial):

- Biodigestor de tamaño mediano: R$ 60.000,00;
- Sistema de purificación de agua: R$ 10.000,00;
- Construcción e instalación: R$ 15.000,00;
- Total estimado: R$ 85.000,00.

OPEX (costos operativos):

- Mantenimiento anual: ~R$ 3.000,00.
- Energía para funcionamiento: ~R$ 1.200,00/año.

Ahorros estimados :

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.
Año VII, vol. 1 2026 | Envío: 26/03/2026 | Aceptado: 28/03/2026 | Publicación: 30/03/2026

- GLP: ~R$ 18.000,00/año;
- Recogida de residuos: ~R$ 6.000,00/año;
- Biofertilizante : hasta R$ 50.000,00/año (si se comercializa).

Venganza

Entre 2 y 3 años, dependiendo de la eficacia y el mercado del biofertilizante .

20. Normativa y reglamentos aplicables (Brasil)

En Brasil, el funcionamiento de los biodigestores en los restaurantes debe cumplir con las normas ambientales, sanitarias y de seguridad.

Legislación clave:

- Ley Federal N° 12.305/2010 – Política Nacional de Residuos Sólidos (PNRS) – define los principios para la gestión de residuos orgánicos;
- Resoluciones N° 275/2001 y 358/2005 de la CONAMA – regulan la eliminación y el tratamiento de los desechos;
- La Resolución RDC 216/2004 de la Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria (ANVISA) de Brasil establece las mejores prácticas para el servicio de alimentos. El cumplimiento de estas normas garantiza la seguridad operativa, la viabilidad legal y los incentivos fiscales en algunos municipios.

21. Normas y leyes para el almacenamiento de biogás

El almacenamiento de biogás debe cumplir con las normas técnicas de ABNT:

- NBR 15526:2013 – especifica el almacenamiento y envasado del biogás;
- NBR 13523:2015 – define los requisitos de seguridad para depósitos presurizados;
- Uso de tanques ventilados, válvulas de alivio de presión y sensores de gas para prevenir accidentes.

22. Normas y leyes que rigen la venta de biogás

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.
Año VII, vol. 1 2026 | Envío: 26/03/2026 | Aceptado: 28/03/2026 | Publicación: 30/03/2026

La comercialización de biogás o biometano se rige por las normativas de energía y gas: • ANEEL – Resolución 482/2012 y normativa complementaria para la microgeneración de energía; • Los contratos de suministro deben garantizar la calidad del biogás, la presión y la pureza, según ABNT NBR 15526.

23. Normas y leyes que rigen el proceso logístico de los residuos orgánicos

- Recogida selectiva obligatoria de residuos orgánicos en establecimientos comerciales;
- Transporte seguro, en vehículos cerrados y desinfectados;
- Registro y trazabilidad de la eliminación de residuos, de conformidad con la PNRS (Política Nacional de Residuos Sólidos) y las normativas municipales.

24. Normas y leyes para la instalación de un biodigestor

Licencias ambientales con agencias municipales o estatales;
Proyecto de ingeniería aprobado por un equipo técnico, que incluye el dimensionamiento de tanques, tuberías y sistemas de seguridad;
Evaluación del impacto ambiental (cuando corresponda);
Cumplimiento de las normas ABNT para la construcción y el funcionamiento (tanques, válvulas, ventilación).

25. Proyecciones y tendencias del mercado

El mercado de biodigestores en Brasil y en todo el mundo está experimentando un crecimiento continuo, impulsado por:

- Políticas de sostenibilidad y economía circular; • Incentivos fiscales y programas de eficiencia energética;
- Mayor concienciación entre consumidores y empresas;
- Los avances tecnológicos, como la automatización y la monitorización remota, aumentan la eficiencia y reducen los costes operativos; integración con sistemas de energía híbrida (GLP + biogás) en restaurantes y zonas de restauración.

Los estudios indican que, para 2030, Brasil podría multiplicar por 5 a 7 el número de sistemas instalados en establecimientos comerciales, especialmente en los grandes centros urbanos.

Referencias

ABNT. NBR 13523: Sistemas de biogás – Seguridad e instalación. Río de Janeiro, 2015.
ABNT. NBR 15526: Almacenamiento de biogás – Requisitos de diseño y operación. Río de Janeiro, 2013.
BRASIL. Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria (ANVISA). Real Decreto N° 216, de 15 de septiembre de 2004. Por el cual se establece el Reglamento Técnico de Buenas Prácticas para los Servicios de Alimentación. Brasilia, DF, 2004.

BRASIL. Consejo Nacional del Medio Ambiente (CONAMA). Resolución N° 275/2001. Disposiciones para la gestión de residuos sólidos. Brasilia, DF, 2001.

BRASIL. Consejo Nacional del Medio Ambiente (CONAMA). Resolución N° 358/2005. Por la cual se regula el tratamiento y disposición final de los residuos sólidos. Brasilia, DF, 2005.

BRASIL. Ley N° 12.305, de 2 de agosto de 2010. Por la que se establece la Política Nacional de Residuos Sólidos. Gaceta Oficial de la Unión, Brasilia, DF, 2010.

EUROSTAT. Residuos municipales estadísticas — estadísticas explicado . Luxemburgo: Eurostat , 2022.
FAO. Producción de biogás y biofertilizantes a partir de residuos orgánicos: revisión mundial. Roma : Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Agricultura Organización , 2018.

GIZ BRASIL. PROBIOGÁS: mercado de biogás y biometano en Brasil. Brasilia, DF, 2019.
BIOGÁS DOMÉSTICO. Sistemas modulares de biodigestores: manual técnico. Israel, 2021