



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
FACULTAD DE ARQUITECTURA, CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO

**ESTANQUES DE EVAPOTRANSPIRACIÓN: UNA SOLUCIÓN SUSTENTABLE
PARA EL TRATAMIENTO LOCAL DE AGUAS RESIDUALES.**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGÍSTER EN HÁBITAT SUSTENTABLE
Y EFICIENCIA ENERGÉTICA**

AUTOR: Felipe Hoffmann De Oliveira
PROFESOR GUÍA: Dr. Iván Cartes Siade

CONCEPCION, 2014

Resumen

Según la ONU (2013), alrededor de 2,6 millones de personas - la mitad de la población del mundo en desarrollo - no tienen acceso a un saneamiento adecuado. Para el Ingeniero Brian Grover, técnico del Banco Mundial, a agua de mala calidad y las aguas residuales no tratadas san “los mayores asesinos de la humanidad” porque matan más que el SIDA y todas las guerras en curso (Guía do Saneamiento, 2000).

En la actualidad se habla mucho de habitaciones y edificios sustentables, ¿pero serán estos realmente sustentables, si no alcanzan a tratar localmente sus alcantarillados, llevando todos sus contaminantes y pasivos ambientales para las plantas de tratamiento de aguas servidas, que por su vez están destinados a los recursos hídricos?

El estudio del uso del agua y su ciclo hidrológico destaca la importancia de la intervención humana, en este ciclo ocurren de manera sostenible.

Los sistemas por Evapotranspiración, hacen la segregación de agua negro (del sanitario), y las llamadas aguas grises (no contaminados con heces), posibilitando un tratamiento simplificado y descentralizado de distintas aguas residuales, tratando las aguas residuales a nivel local, permitiendo el uso de estas aguas que serian contaminantes potenciales, pero que en sistema de estudio, se utilizan como nutrientes para la producción de cultivos. Estos cultivos hacen la evapotranspiración volviendo el agua purificada para el ciclo hidrológico.

El presente estudio tiene como objetivo evaluar el Estanque de Evapotranspiración como una solución sustentable para el tratamiento de aguas residuales en edificaciones de Brasil. Haciendo un análisis y evaluación de jardines de evapotranspiración como una propuesta de desarrollos sustentable para el tratamiento de aguas residuales en edificaciones en Brasil.

Palabras Claves: Aguas Residuales, viviendas y habitantes sustentables, estanques de evapotranspiración.

Abstract

According to ONU (2013), about 2.6 million people - half the developing world's population has a lack of access to adequate sanitation. To the engineer Brian Grover, World Bank Expert, to poor water and untreated sewage are the greatest murderers of mankind, because kill more than AIDS and all the wars in progress (Guia do Saneamento, 2000).

Today there is much talk of sustainable buildings, but will they be truly sustainable, if they don't treat locally their wastewater heaving all pollutants and environmental treatment plants wastewater liabilities, which in turn are intended to water resources?

The study of water use and the water cycle highlights the importance's of human intervention in this cycle occur sustainably.

The evapotranspiration systems, make the segregation of black water (from flush), called gray water (not contaminated with feces), enables a simplified and decentralized treatment of different wastewater treating wastewater locally, allowing the use of these would potentially polluting waters, but that study system, are used as nutrients for crop production. These crops do evapotranspiration returning the purified water to the hydrological cycle.

The present study aims to assess the Evapotranspiration basin as a sustainable solution for wastewater treatment buildings in Brazil. Analyzing and evaluating of evapotranspiration gardens as a proposal for sustainable development for the treatment of waste water in buildings in Brazil.

Key Word: Wastewater, sustainable housing and residents, evapotranspiration basin`s.

Lista de Abreviatura

EET: Estanque de evapotranspiración

ETAr: Estación de tratamiento de aguas residuales

EPA: Agencia de protección ambiental

ONU: Organización de las Naciones Unidas

Índice

Capítulo	Fundamentación	del	tema
	10		
1.1	Planteamiento del tema		10
1.2	Justificación		10
1.3	Objetivo general.....		10
1.4	Objetivo específicos.....		11
1.5	Hipótesis	Erro! Indicador não definido.	
1.6	Contribución Científica de la Investigación:		11
1.7	Fundamentación teórico.....		12
1.7.1.	Tecnologías sustentables		12
1.7.2.	Utilización de tecnologías en transición con la sustentabilidad		13
1.7.3.	Permacultura.....		13
1.7.4.	Habitantes y Edificaciones sustentables.....		14
1.7.5.	Saneamiento		16
1.7.6.	Características de las aguas residuales		18
1.7.7.	Principales características físicas y químicas de las aguas residuales		20
1.7.8.	El uso de la Agua		20
1.7.9.	Las principales fuentes de contaminación del agua		22
1.7.10.	Descripción del ciclo hidrológico		23
1.8	Metodología y Recursos.		26
1.9	Relación de la propiedad natural evapotranspiración con sistema de saneamiento 27		
1.10	Parámetros de Saneamiento en Brasil y Legislación pertinentes.		28

1.11	Remociones de elementos de las aguas residuales por las BET's.....	29
	Capítulo 2.Referencias en sistemas de saneamiento en nivel mundial	32
	Capítulo 3.Descripción del tratamiento propuesto	38
3.1	Estanques de evapotranspiración (EET)	38
3.2	Estanque de cámara única.....	39
3.3	Sistema de saneamiento para aguas grises.....	40
3.4	Evapotranspiración en el sistema de saneamiento	41
3.5	Educación de los habitantes para difundir el saneamiento ecológico:.....	42
3.6	Taller de saneamiento ecológico.....	43
3.7	Ficha Técnica en Bacías de Evapotranspiración.....	44
	Capítulo 4.Comparación estudios de caso	52
	Capítulo 5. Conclusiones:	63
	Capítulo 6. Recomendaciones	1
	Bibliografía.....	3
	Anexos.....	8
	Anexo A: Soporte documentales.	8
	Anexo B: Cartilla, Gestión sostenible del agua	8

Índice de Figuras

Figura 1.	Porcentaje de habitantes asistidos mediante la recopilación de la red de alcantarillado /fosa séptica. Comparativo con otros países de la Latino-america y países desarrollados.....	17
Figura 2.	Diseño esquemático del Ciclo Hidrológico. Fuente: F. Hoffmann, 2014.	24
Figura 3.	Sistema Wetland. Younguer P. Henderson R. 2014.....	33
Figura 4.	Living Machines: disponible en: http://toddecological.com/eco-machines/	35
Figura 5.	Flowforms. http://www.patrickgarretson.com/flow-forms/	37
Figura 6.	Bacía de Evapotranspiración para aguas negros (BET), Hoffmann .2014.....	39
Figura 7.	EETS flujo ascendente Fuente: F. Hoffmann, 2014.....	40
Figura 8.	Sistemas de Saneamiento para aguas grises, Hoffmann 2014.	41
Figura 9.	Estanque de Evapotranspiración instalada y 8 meses después. (Fuente: autor) .	42
Figura 10.	Visita Técnica de la Fundación de Medio Ambiente de la ciudad de Joinville, SC.Brasil, para os sistemas hechos por el autor en Morada Ekoa Imbituba, SC, Brasil.....	43
Figura 11.	Taller práctico de saneamiento ecológico para estudiantes del curso de Ing. Ambiental Univali, hecha en Morada Ekoa, Imbituba. SC.Brasil .2012.	44
Figura 12.	Taboa (<i>Typha dominguensis</i>)	49
Figura 13.	Jacinto de agua (<i>Eichhornia crassipes</i>).....	50
Figura 14.	Autor, EET para una vivienda de dos personas. Imbituba. SC	52
Figura 15.	Autor EET para otra vivienda de dos Personas, a la derecha de la vivienda:	52
Figura 16.	Autor, EET para una vivienda en utilización desde 2006.	53
Figura 17.	Autor, EET para una vivienda de 7 personas	53

Figura 18.	Sistema de tratamiento de aguas grises para una Posada Raia 1.SC.	54
Figura 19.	Producción de Plátano en el sistema de Saneamiento.....	54
Figura 20.	Vegetación bien desarrollada en la EET`S.....	55
Figura 21.	EET de flujo ascendente, estanque único.	55

Índice de Tablas:

Tabla 01: Contribución diaria de los residuos y de carga orgánica por tipo de edificación y de Ocupantes32

Tabla 02: Tiempo de retención hidráulica de desechos (T), Por la tasa de flujo y la temperatura de las aguas residuales (en días).....33

Tabla 03: Área de las EETs en función de las temperaturas medias.....33

Tabla 04: Volumen de infiltración en función de la constitución probable del suelo.....34

Tabla 05: Resultados obtenidos para el sistema ETAR. Portugal. (2008).....39

Tabla 06: Resultados obtenidos para el sistema ETAR. Portugal.(2008).....40

Tabla 07: Resultados obtenidos para el sistema en Brasil.....42

Tabla 08: Resultados obtenidos para el sistema en Brasil.....43

Tabla 09: Comparación de los sistemas ETAr Portugal x EETs Brasil.....44

Capítulo 1. Fundamentación del tema

Planteamiento del tema

Después de observar los problemas en torno al tema de saneamiento básico y verificar la necesidad de evaluar el sistema propuesto a la realidad de las edificaciones brasileñas, comenzó el estudio bibliográfico sobre el sistema de tratamiento del estanque de evapotranspiración. Se analizaron la literatura técnica; a través de libros especializados, artículos y publicaciones científicas.

Este proyecto se desarrollará en base a tres pilares: Sistemas de tratamiento de aguas residuales, viviendas y habitantes sustentables, y el proceso natural, fisiológico-vegetal: evapotranspiración.

Justificación

El tema tratamiento in situ de aguas residuales es un tema muy importante para las habitaciones sustentables, sin embargo es un tema que debería tener mayor relevancia y utilización en las construcciones sustentables, por lo tanto el proyecto propone exponer la importancia de la educación de los usuarios que utilizan sistemas de tratamiento local por estanque de evapotranspiración; Utilizando encuestas con los usuarios de los sistemas de tratamiento in situ, identificando el volumen y cantidad de contaminantes; evaluar las vegetaciones más eficientes que hacen la evapotranspiración (capacidad de soporte de los jardines filtrantes), elaborando una Ficha Técnica Informativa ; y por fin evaluar el desempeño de los Estanques de Evapotranspiración para utilización en diversos tipos de edificios.

Objetivo general

Analizar y evaluar dos sistemas de jardines de evapotranspiración como una propuesta comparativa de desarrollos sustentable para el tratamiento de aguas residuales en edificaciones, determinando su mejor uso y aplicación.

Objetivo específicos

- Evaluar la legislación, normativas y condicionantes para utilización de Estanques de evapotranspiración en Brasil.
- Elaborar una Ficha, destacando las principales condiciones medioambientales, físicas y culturales (utilización del sistema). Que sean adecuadas para un funcionamiento óptimo del sistema de estanques evapotranspiración.
- Desarrollar y proponer iniciativas para alentar la implementación de nuevos sistemas de saneamiento ecológico con tratamiento local.
- Considerar las vegetaciones más eficientes para utilización en los Jardines Filtrantes. A través de una revisión de la literatura pertinente, atendiendo a temas técnicos, publicaciones y trabajos científicos, con énfasis en tratamiento de aguas residuales y la capacidad de evapotranspiración y remoción de contaminantes de distintas vegetaciones.
- Analizar 2 casos de estudios de Sistemas de estanques de Evapotranspiración exitosos siendo uno ejemplo aplicado en el mundo y el otro en Brasil.

Hipótesis

- Los estanques de evapotranspiración son una solución sustentable para distintos tipos de hábitats que se denominan sustentables.
- El uso de estanques de evapotranspiración posibilitan una mayor participación dos habitantes, contribuyendo para que sus habitaciones sean más sustentables.

Contribución Científica de la Investigación:

Esta investigación, debido a su enfoque, tiene como objetivo contribuir con información que sea en forma de recopilación de datos de la situación de estudio, o para la generación de los procedimientos y planificación, que sirve de ejemplo como soluciones de saneamiento, dirigido a distintas habitaciones sustentables.

Fundamentación teórico

1.7.1. Tecnologías sustentables



Fuente: <http://tecnosustentables.blogspot.com.br/>

Para Moitta y Cynamon, citado por Kligerman (1995): "Es importante saber que una tecnología no es adecuado para sí misma, sino para su aplicación y uso, y se llama la tecnología apropiada cuando es técnicamente correcta, culturalmente aceptable y económicamente viable.

Se trata de una tecnología basada en el conocimiento y la experiencia técnica con el fin de trabajar con la iniciativa local y los materiales que se obtienen con mayor facilidad, siempre buscando avances para servir mejor a las comunidades y el objetivo específico, que en este caso es la promoción de la salud. La elección de la tecnología apropiada requiere de técnicas que mejor se adapten y tienen una mayor eficiencia y eficacia en la consecución de los objetivos. La tecnología no siempre es apropiado es el costo más bajo, existe un límite al "económico", que es la posibilidad de alcanzar el objetivo".

Materiales tradicionales, que utilizan tecnologías vernaculares son apropiados para las condiciones locales, siendo planeados en la mayoría de las veces por los recursos disponibles, su uso también tiene importantes implicaciones económicas, siendo obtenidos con el mínimo posible de costos de transporte, y frecuentemente utilizando trabajos manuales, envolviendo poco uso de combustibles que demandan altos recursos

energéticos. La arquitectura vernacular es por lo tanto ecológicamente sensible y con recursos regionales, lo que se ha hecho es económica y ambientalmente sostenible. Hopkins (2008).

1.7.2. Utilización de tecnologías en transición con la sustentabilidad

Hopkins R. (2011) cuestiona, cuando el uso de tecnologías para apoyar la transición, ¿cómo podemos mejor evitar aquellos que resultan en una mayor dependencia de las cadenas de suministro distantes y niveles innecesarios de la complejidad?

Sigue Hopkins R (2011) en la medida de lo posible utilizar soluciones sencillas, elegir las tecnologías que se pueden hacer reparación localmente, que se entiende, y donde se puede ver la cadena de suministro de piezas; asegurando que traen beneficios económicos y sociales de la comunidad de la zona.

1.7.3. Permacultura

Según Mollison (1983), uno de los creadores de la Permacultura, la misma puede entenderse como, "un sistema de diseño ambiental para la creación de entornos humanos sostenibles, que reúne lo conceptual, material y componentes estratégicos en un modelo que funciona para beneficio de la vida en todas sus formas".

Una definición más actual de la Permacultura, de acuerdo Holmgreen (2006), la Permacultura puede ser entendido como: " paisajes conscientemente diseñados, que reproducen patrones y relaciones que se encuentran en la naturaleza y al mismo tiempo, producen alimentos, fibras y energía en abundancia, suficientes para contener las necesidades locales".

Massanu Fukuoka resume muy bien la filosofía básica de la permacultura: "trabajar con la naturaleza y no contra ella" (citado en FUKUOKA Mollison, 1990). Para ello, debe ser observado cuidadosamente y profundamente de cómo funciona la naturaleza, antes de intervenir. En este sentido, algunos de los principales sistemas y estilos de vida de los indígenas de todo el mundo han sido incorporados por Permacultura.

1.7.4. Habitantes y Edificaciones sustentables.

Para Carazo (2003), entender la edificación como una unidad medioambiental, significaría equipararla a un ecosistema.... Por lo tanto, lo que definirá a un ecosistema edificado, será el grado, la intensidad de entrada y salida de recursos- materiales y energéticos-, necesarios para su actividad; una relación sin límites espaciales definidos que trae los recursos de lejos y que los devuelve de manera degradada al entorno circundante, **como resultado uno de los mayores problemas a los que se enfrenta el medio ambiente urbano: la contaminación del agua.**

Siguiendo Carazo (2003), el objetivo principal de una **habitación sustentable es la máxima integración de este ciclo natural en la estructura edificada**, no como identidad urbana, sino como individualizada en cada edificio, considerándolo como un ente singular, aunque muchas veces no independientes. Una posición comprometida del arquitecto, como proyectista y técnico, será de estudiar y gestionar el edificio como un metabolismo complejo, que **consume recurso de agua y lo convierte en residuo**; pero no como una transformación, sino como un ciclo cerrado, donde se **entienda al desecho como una materia prima que pueda aprovecharse.**

Costa Filho, Bonin y Sattler (2000), argumentan que el concepto de vivienda sostenible se puede implementar en términos concretos, es decir:

- Considerar todos los tipos de disponibilidad de la infraestructura local.
- Evaluar las posibles conexiones de las edificaciones que la rodean.
- Evitar la sobrecarga y el despilfarro de los servicios públicos disponibles.
- Evitar **la transferencia de la esfera colectiva de los problemas que se generan en el ámbito privado;**
- Contribuir para que el estilo de vida urbano sin la agresividad necesaria para el medio ambiente.

La educación ambiental según Calixto (2007), no puede ser explicada al margen del desarrollo económico-social mundial, es necesario precisar que el modelo consumista, de libre mercado, pone a la venta no sólo productos y servicios, sino que promueve también la venta de bienes vitales para todo ser viviente como el agua, bosques y animales.

La solución al problema pasa, no solo por el necesario establecimiento de políticas de estado y la asimilación de éstas por el mercado y la sociedad nacional; sino por la inclusión de valores de sustentabilidad en la población, que permitan lograr un impacto real en el medioambiente; una manera eficaz de lograr esto es involucrar activamente a los usuarios del sistema, quienes deben constituirse en el agente de cambio que permita gradualmente avanzar hacia una sociedad medioambientalmente responsable.

El "*Green Building*" y otros términos como "construcción natural" eco-construcción, bio-construcción, eco-arquitectura, se utilizan para los edificios sostenibles que tratan de reducir y optimizar el consumo de materiales y energía, reducir y reutilizar los residuos generados, preservar y mejorar la calidad del medio ambiente natural y construido. En la actualidad, el número de empresas y organizaciones que se han especializado en la construcción y consultoría en estas técnicas es cada vez mayor, muchos profesionales de la arquitectura, la ingeniería, el diseño, la decoración y la construcción se han clasificado para las construcciones destinadas a la sostenibilidad. Las nuevas tecnologías combinadas con las técnicas antiguas de construcción implican la mejora de la explotación de los recursos en productos nuevos y adaptados a cada localidad los procesos de construcción. Este trabajo aún más la planificación en el que habrá una reducción en los costos de los equipos, mano de obra y materiales, ya que es gran pérdida en la construcción convencional. Hoffmann. F. (2008).

En este proyecto, el término adoptado para edificios sostenibles es Bio-construcción, para el IPEC (2005), Bio-construcción es una técnica de construcción que utiliza de forma sostenible, los materiales naturales que se encuentran en la región en que esta la construcción, proporciona una integración al entorno, mimética, y más humana.

De acuerdo con Holmgren (2000), el principio de la permacultura, para proporcionar la integración de funciones, también se puede aplicar en la construcción de edificios a través de uso múltiple, que tiene las siguientes ventajas:

- Eficiencia energética.
- La utilización de la energía solar.
- Gestión y ahorro de agua
- Gestión de los residuos generados por los usuarios
- Calidad del aire y el medio ambiente de interiores:
- Confort termo-acústico

- Producción Orgánica Local.

Lengen (1981) establece que: "la gente suele creer que para tener una bonita casa que necesita gastar mucho en materiales y hacer un esfuerzo, sin embargo, no siempre el lujo y el confort de un hogar están relacionados con el tamaño y la el tipo de materiales utilizados en la construcción. El verdadero lujo es vivir en una casa que se adapte a la perfección a nuestros hábitos y nuestro estilo de vida". El autor también señala que: "No se debe pensar que el uso de sólo una de las técnicas de las propuestas de bio-construcción, el constructor tendrá un milagro en la construcción." La combinación de varias técnicas está permitiendo la creación de un entorno más armonioso para vivir

1.7.5. Saneamiento



<http://cuidadoambiental2.wordpress.com/>

Para, Silva *et al* (2008) el agua es un recurso indispensable para las actividades humanas, para el desarrollo económico y el bienestar social. En promedio se necesitan 3.000 litros de agua por persona para generar los productos necesarios para la alimentación diaria.

El crecimiento acelerado de la población, especialmente en países en vía de desarrollo; la contaminación de los cuerpos de agua superficial y subterránea; la distribución desigual del recurso hídrico y los graves períodos secos; han forzado a buscar nuevas fuentes de

abastecimiento, considerándose a las aguas residuales una fuente adicional para satisfacer la demanda del recurso.

La ONU (2012) hizo una consulta, sobre el acceso de la población por tamaño de ciudades en distintos países de América latina y el Caribe, en la siguiente imagen:

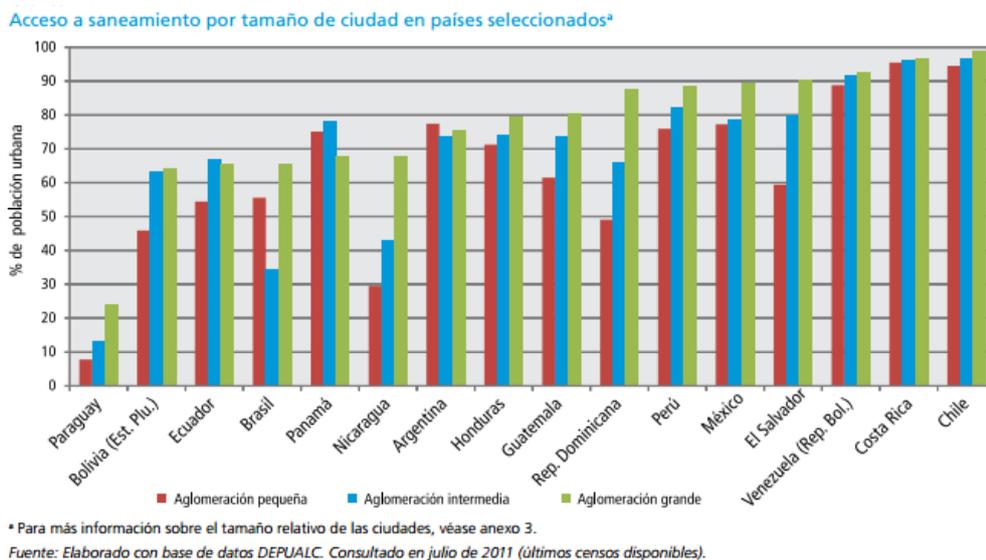


Figura 1. Porcentaje de habitantes asistidos mediante la recopilación de la red de alcantarillado /fosa séptica. Comparativo con otros países de la Latino-america y países desarrollados

Se puede despegar que Brasil, presenta un bajo porcentaje de acceso a saneamiento para todos los tipos de Aglomeraciones (menos del 40% en aglomeraciones intermedias y menos de 70% en aglomeraciones grandes). Ya Chile presenta porcentajes superiores a 90% para todos los tamaños de aglomeraciones.

Para ERCOLE (2003), los avances en las técnicas de saneamiento, solo o correrán en la mitad del siglo veinte. A través de las estadísticas de investigación sobre el tema de saneamiento, dicen que una gran parte de la población del mundo, y específicamente, el Brasil, no tienen condiciones satisfactorias de saneamiento, siendo penalizado en esta función, por las altas tasas de mortalidad infantil y enfermedades transmitidas por el agua. Estas enfermedades causan a su vez, mayores gastos en hospitalizaciones. **Se estima que por cada dólar invertido en saneamiento, se ahorraría cuatro dólares, para el tratamiento de las enfermedades transmitidas por el agua,** También se debe considerar la pérdida de la capacidad productiva de las personas mientras están enfermas.

De acuerdo con IPEC(2013):

- Se tiene el costo estimado de \$ 10 mil millones de dólares por año, para reducir a la mitad la proporción de personas sin acceso al saneamiento básico para 2015. Con las tecnologías sociales que número se reduce a la mitad.
- Brasil invierte sólo un tercio del saneamiento requerido. En los últimos cuatro años, la inversión fue de 0,22% del PIB, cuando debería ser 0,63%.
- Sólo el 32,50% de la población brasileña es la recogida y tratamiento de aguas residuales.
- En Brasil, más de 2.500 niños mueren a causa de la falta de recolección y tratamiento de aguas residuales.
- Por cada Dólar invertido en saneamiento, \$ 9 dólares se guardan en la minimización de los impactos sociales en salud y educación, como resultado de la falta de acceso al agua potable ya un saneamiento adecuado.

1.7.6. Características de las aguas residuales



Fuente: blog.jaurbanismo.com.br

El líquido en sí, no es nada más que el transporte de las innumerables sustancias, orgánicas, inorgánicas y microorganismos, eliminados por el hombre diariamente. Los sólidos sí, son responsable por la deterioración de la calidad de la masa de agua que recibe los desechos, y así su conocimiento es muy importante, para el desarrollo y planteamiento de cualquier sistema de tratamiento de desechos. (UEHARA,1989)

Su composición cambia de acuerdo con el volumen de agua y la costumbre de los usuarios, los efluentes que componen las aguas residuales domésticas pueden ser clasificados en dos tipos:

Aguas negras y aguas grises. Las aguas grises procedentes de lavabos, duchas, bañeras y lavanderías suman el mayor volumen de efluentes (Ridderstolp 2004). El tratamiento de las aguas grises es relativamente sencillo, dependiendo de la reutilización, se puede hacer en la propia residencia, incluso con aplicación directa en el suelo para irrigación en arboles y jardines siempre que se sigan ciertos criterios relativos a la salud. Ya el efluente del sanitario, que contiene las heces y la orina es llamado de agua negra, y necesita de sistemas de tratamiento más complejos para reducir su carga de patógenos (Esrey et al., 1998)

Aunque contiene la mayor parte de los nutrientes y patógenos que se encuentran en las aguas residuales domésticas, el volumen de aguas negras es bien menor de que los de aguas grises producidas. Analizando la composición de las aguas residuales domésticas, se observó la proporción de 25.000 a 100.000L para 500L de orina y solo 50 L anuales de heces producidas anuales por persona (Otterhpol,2002). La cantidad total de heces excretadas por un ser humano en un año es de 25 a 50 kg, conteniendo 550 g de nitrógeno, 180 g de fósforo y 370 g de potasio, pero la mayoría de los nutrientes provenientes de la excreta humana se encuentra en la orina. Un adulto puede producir cerca de 400L de orina por año, que contiene 4 kg de nitrógeno, 400 g de fósforo y 900g de potasio. Estos nutrientes se encuentran en la manera ideal para ser absorbidos por las plantas: nitrógeno en la forma de urea, fósforo como superfosfato, y potasio en la forma iónica (Esrey et al., 1998). La mayor parte del carbono está en las heces y otros nutrientes como, calcio y magnesio están en las mismas proporciones en heces y orinas (Sawyer 2006).

El agua, como recurso natural es más que un solvente y está formada de componentes físicos, químicos y biológicos. Es una mezcla de materiales orgánicos y inorgánicos, suspendidos o disueltos. En el agua residual, la concentración de uno o más de estos componentes se encuentra alterada, por efectos antrópicos directos o indirectos, deteriorando la calidad de aguas que pudiesen ser para consumo humano, uso agrícola, industrial u otro (Curt *et al*, 2005)

Mara & Cairncross (1990), afirman que la mayor parte de la materia orgánica encontrada en las aguas residuales consiste en residuos alimenticios, heces, material vegetal, sales minerales, materiales orgánicos y materiales diversos como jabones y detergentes sintéticos.

Es así como se ha estimado que *“Cada persona genera 1.8 litros de material fecal diariamente, correspondiendo a 113,5 gramos de sólidos secos, incluidos 90 gramos de materia orgánica, 20 gramos de nitrógeno, más otros nutrientes, principalmente fósforo y potasio.”*

Los efluentes o aguas residuales domésticas (aguas negras y grises) **están constituidos en un elevado porcentaje (en peso) por agua, cerca de 99,9% y apenas un 0,1% de sólidos** suspendidos, coloidales y disueltos. Esta pequeña fracción de sólidos es la que presenta los mayores problemas en el tratamiento y disposición. El agua es apenas el medio de transporte de los sólidos.

1.7.7. Principales características físicas y químicas de las aguas residuales

Basado en Qasin (1981), apud Von Sperling (1995), entre las principales características físicas de las aguas residuales tenemos:

- La temperatura- es superior a las aguas encanadas, variando de acuerdo con las estaciones del año, la temperatura tiene influencia en la actividad microbiana, en la solubilidad de los gases y en la viscosidad de los líquidos.
- Coloración- la coloración de las aguas residuales frescos es gris, las aguas residuales sépticas son negras
- Olor- las aguas residuales frescos es relativamente desagradable. Las aguas residuales sépticas tienen un olor fétido, desagradable, por cuenta del gas sulfhídrico y otros productos en descomposición.
- Turbidez- las aguas residuales más frescas y más concentradas presentan mayores concentraciones de turbidez.

1.7.8. El uso de la Agua

El agua, además de ser una sustancia imprescindible para la vida por sus múltiples propiedades, es ampliamente utilizada en actividades diarias tales como la agricultura (69%), la industria (23%), el uso doméstico (8%) (UNESCO, 2003), entre otras,

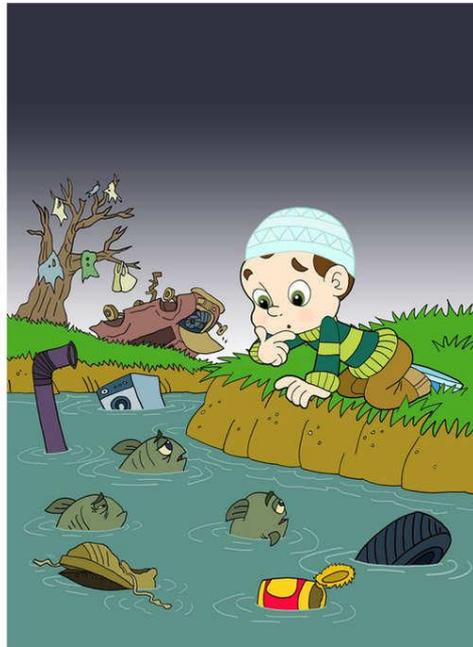
convirtiéndose en uno de los recursos más apreciados en el planeta. De ahí la importancia de conservar y mantener la calidad de las fuentes naturales, de manera que se garantice su sostenibilidad y aprovechamiento para las futuras generaciones (Arcos *et al*, 2005).

“Un dos símbolos de conforto nos países desarrollados es el exceso de consumo de la agua” (CORTEZ *et al*, 2001).

Según el autor, nota-se que el agua potable además de ser utilizado para el consumo directo, sino que también se utiliza para cocinar, limpieza y transporte de los residuos, el agua que con mayor frecuencia se mezcla simplemente con agua que podrían ser reciclados y utilizados de nuevo en la habitación.

Hoy en día es de vital importancia la tarea social de la difusión de la idea de que el agua es nuestro bien más preciado, y que la humanidad tiene que desarrollar una conciencia universal y alertas acerca de este hecho. WILKES J. (2008).

1.7.9. Las principales fuentes de contaminación del agua



<http://cuidadoambiental2.wordpress.com/>

Una descripción ampliamente usada para el concepto de contaminación es “la introducción al ambiente, por el ser humano, de sustancias o energía, posibles de causar peligro a la salud humana, daño a recursos vivientes, sistemas ecológicos, estructuras o servicios, o interferencias, con usos legítimos del medio ambiente”. (Holdgate 1979; en Von Igel, 1999).

Von Sperling (1995), define como la contaminación del agua, como la adición de sustancias o energía, que directa o indirectamente, alteran la naturaleza del cuerpo de agua de forma perjudicial para los usos legítimos que se hacen de ellos. Hay básicamente dos formas de contaminación, en relación con el área de extensión en el cual pueden presentar:

- Contaminación de fuentes: los contaminantes alcanzan el cuerpo de agua de forma concentrada en el espacio, por ejemplo, la descarga en un río de aguas residuales de una comunidad.
- Contaminación difusa: contaminantes entran en el cuerpo de agua en varios puntos distribuidos, por ejemplo, el drenaje natural del agua de lluvia.



Fuente: www.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto

Las mayores fuentes de contaminación del agua son los desechos de agua doméstica, los escurrimientos industriales, el escurrimiento de la tierra labrada, la deposición atmosférica, las operaciones de minas y los rellenos sanitarios. Las fuentes puntuales descargan contaminantes en localizaciones específicas a través de tuberías o alcantarillas a cuerpos de agua superficial. Los ejemplos incluyen fábricas, plantas de tratamiento industrial, plantas de tratamiento de aguas negras (retiran la mayoría de los contaminantes, pero no todos). (Nebel y Wright, 1996).

Las fuentes no puntuales son grandes áreas de terreno que descargan contaminantes al agua superficial y subterránea sobre una región extensa, y partes de la atmósfera donde los contaminantes son depositados en las aguas superficiales. Los ejemplos pueden incluir los vertimientos de sustancias químicas en el agua superficial y la infiltración desde tierras de cultivo, lotes de pastura para ganado, bosques talados, tierras urbanas y suburbanas, tanques sépticos, predios de construcción, sitios de estacionamiento, carreteras y deposición ácida, entre otras. (Nebel y Wright, 1996).

1.7.10. Descripción del ciclo hidrológico

El agua no permanece estacionaria sobre la Tierra sino que se establece una circulación del agua entre los océanos, la atmósfera y la litosfera-biosfera de forma permanente. Es lo que se conoce como ciclo hidrológico. Imagen a seguir:

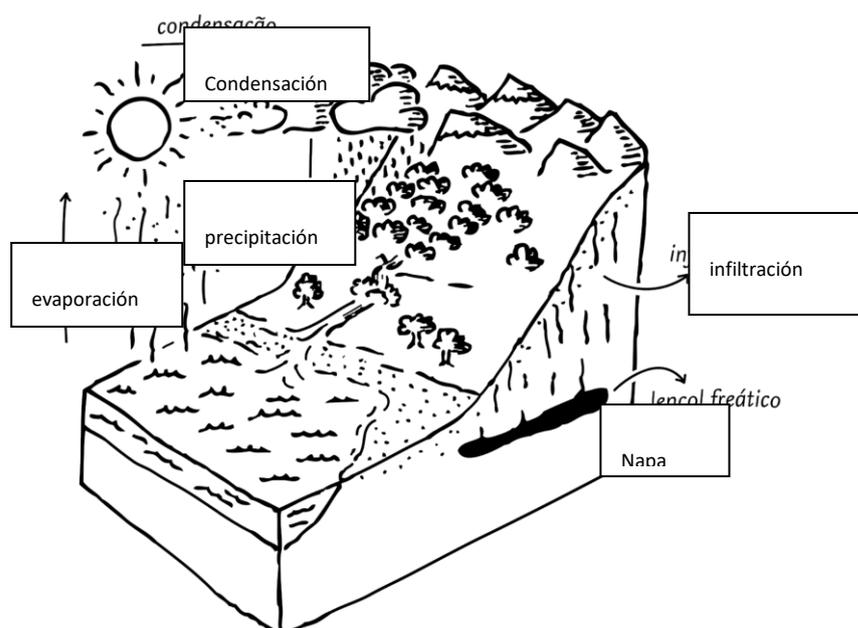


Figura 2. Diseño esquemático del Ciclo Hidrológico. Fuente: F. Hoffmann, 2014.

El ciclo hidrológico se podría definir como el proceso que describe la ubicación y el movimiento del agua en nuestro planeta. Es un proceso continuo en el que una partícula de agua evaporada del océano vuelve al océano después de pasar por las etapas de precipitación, esorrentía superficial y/o esorrentía subterránea. El concepto de ciclo se basa en el permanente movimiento o transferencia de las masas de agua, tanto de un punto del planeta a otro, como entre sus diferentes estados (líquido, gaseoso y sólido). Este flujo de agua se produce por dos causas principales: la energía Solar y la gravedad.

Fases del ciclo hidrológico.

- ***Evaporación:***

El ciclo se inicia sobre todo en las grandes superficies líquidas (lagos, mares y océanos) donde la radiación solar favorece que continuamente se forme vapor de agua. El vapor de agua, menos denso que el aire, asciende a capas más altas de la atmósfera, donde se enfría y se condensa formando nubes.

- ***Precipitación:***

Cuando por condensación las partículas de agua que forman las nubes alcanzan un tamaño superior a 0,1 mm comienza a formarse gotas, gotas que caen por gravedad dando lugar a las precipitaciones (en forma de lluvia, granizo o nieve).

- **Retención:**

Pero no toda el agua que precipita llega a alcanzar la superficie del terreno. Una parte del agua de precipitación vuelve a evaporarse en su caída y otra parte es retenida (agua de intercepción por la vegetación, edificios, carreteras, etc., y luego se evapora.

- **Escorrentía superficial:**

Otra parte circula sobre la superficie y se concentra en pequeños cursos de agua, que luego se reúnen en arroyos y más tarde desembocan en los ríos (escorrentía superficial). Este agua que circula superficialmente irá a parar a lagos o al mar, donde una parte se evaporará y otra se infiltrará en el terreno.

- **Infiltración:**

Pero también una parte de la precipitación llega a penetrar la superficie del terreno (infiltración) a través de los poros y fisuras del suelo o las rocas, rellenando de agua el medio poroso.

- **Evapotranspiración:**

En casi todas las formaciones geológicas existe una parte superficial cuyos poros no están saturados en agua, que se denomina zona no saturada, y una parte inferior saturada en agua, y denominada zona saturada. Una buena parte del agua infiltrada nunca llega a la zona saturada sino que es interceptada en la zona no saturada. En la zona no saturada una parte de esta agua se evapora y vuelve a la atmósfera en forma de vapor, y otra parte, mucho más importante cuantitativamente, se consume en la transpiración de las plantas. Los fenómenos de evaporación y transpiración en la zona no saturada son difíciles de separar, y es por ello por lo que se utiliza el término evapotranspiración para englobar ambos términos.

Hay tres tipos de evaporación, evapotranspiración:

- La evaporación de la superficie de un lago, o cuerpo de agua, E_o .

- Evaporación actual ET.
- Evaporación Potencial, PE.

Hay tres tipos de evaporación, evapotranspiración:

Eo es la evaporación desde la superficie de un lago o cuerpo de agua. Et es bastante compleja, ya que incluye la evaporación, la superficie que se está vegetado o no. Esto implica que ET cualquier tipo de características de la superficie variará dependiendo de la humedad del suelo y por lo tanto parámetros dinámicos. La ET en suelos saturados va a ser mayor que para los suelos insaturados. En un esfuerzo para simplificar ET se introdujo PE, que es el potencial para la evaporación. ¿Cuál es la evaporación de la matriz de un suelo cuando la humedad del suelo se mantiene constante. Obtenida por la suma datos meteorológicos con regularidad, dando valores de Eo y PE, pero no ET. Este último se determina sólo en proyectos de investigación cuando los balances de radiación y el calor se determinan.

Metodología y Recursos.

Se recurre a una metodología de análisis cualitativo, revisando el estado del arte de entre Brasil, Chile y internacional acerca del saneamiento con tratamiento local, lo ya realizado y en que contextos: climáticos, sociales, medioambientales o económicos. Teniendo estos aspectos en consideración se propuso una Elaboración de una Ficha, destacando las principales condicionantes para que sean adecuadas para un funcionamiento óptimo del sistema de Estanques evapotranspiración (EET) bien como desarrollar y proponer iniciativas para alentar la implementación de nuevos sistemas de saneamiento ecológico con tratamiento local. En este marco se visitaron casos reales de referentes locales, estudiando acciones concretas implementadas en diversas escalas (pueblos, comunidades, condominios o familias). Se hizo encuestas a los usuarios de los sistemas ecológicos de tratamiento local hechas en Imbituba, Brasi. Comparando con los sistemas hechos en Portugal.

Relación de la propiedad natural evapotranspiración con sistema de saneamiento



Figura: Evapotranspiración y escorrentía

Fuente:

vocabularygeografico.blogspot.com.br/2011/09/evapotranspiracion.html

La evaporación es el proceso en que el agua retorna a la atmósfera, de estado sólido a líquido y ahí al estado de vapor. Sudando también se produce en la atmósfera a través de la transpiración de las hojas de algunas plantas y árboles. Estos tres tipos de estado forman un conjunto, esta es la “evapotranspiración” este es el término que se ha usado para cubrir los procesos comentados.

En las zonas de bosques templados tienen tasas de evapotranspiración cerca de dos veces superior en las zonas de pastoreo (que van en promedio de 40% a 70% de la precipitación anual en las zonas forestales y de 20% a 40% para las zonas de pastoreo, como lo demuestra investigación británica) que sin duda significa que menos agua se infiltra en el suelo y que pasa a formar parte de la corriente. Alrededor del 70% de agua de lluvia de los EE.UU se devuelven a la atmósfera por evapotranspiración. En las zonas áridas, de escasos recursos hídricos, los bosques desarrollados con las pérdidas por evapotranspiración pueden reducir la cantidad de agua en los ríos y lagos.

Precipitación total anual (mar y tierra) es de 1 m, obviamente igual a la evapotranspiración. Puesto que la superficie de la tierra evapora aproximadamente 70% de las precipitaciones, lo que les permite ser eliminados restante 30%, siendo claro que

en la superficie del océano en la Tierra hay más precipitación que evaporación (Brutsaert, 1982).

La evapotranspiración será la más intensa cuanto mayor sea la población de la cultura, esto mejora su salud y hace que sea más activa para su etapa del desarrollo, estos factores contribuyen a un mayor o menor cobertura de los suelos, cuanto más cubierto el suelo, menor la evaporación y mayor la transpiración. La evapotranspiración es debida principalmente a radiación solar (80%), al régimen de vientos (14%), e la humedad relativa (6%). (Chang apud Dorfmann,1977).

Los vegetales funcionan como una bomba hidráulica, regulando el flujo de agua y soluto en todo el sistema, suelo-planta-atmósfera, agua en realidad extraído extraída por el sistema de raíces de las plantas esta se transpira a través de las hojas en proporción a la demanda evaporaría de la atmosfera. Las interacciones entre estos tres componentes son reciprocas, lo que torna el sistema dinámico y fuertemente interconectado de tal forma que la condición hídrica de la cultura dependerá siempre de la combinación de los factores inherentes de los tres segmentos (Rosa; Petry y Carlesso 2000).

Parámetros de Saneamiento en Brasil y Legislación pertinentes.

En Brasil, la normativa 13.969 creada en 1997, tiene como objetivo establecer los recursos técnicos para el proyecto, construcción y operación de unidades de tratamiento y eliminación de los efluentes líquidos del tanque séptico, dentro del sistema de tanque séptico para el tratamiento local de los desechos.

La misma (ABNT 1997), señala que, como regla general, cuanto más concentrado es el desecho, mas fácil es su proceso de depuración, siendo que los costos de implementación y operación son proporcionales al volumen de aguas residuales a tratar. Esta Normativa orienta a que un planeamiento adecuado puede tener una reducción de hasta 50% del volumén de las aguas residuales. Esta reducción es benéfica para todos los tipos de sistemas de tratamiento, sin embargo es más relevante para los sistemas de disposición final como las cuencas de infiltraciones (*Swales*), sumideros y estanques de evapotranspiración. También hace un alerta relacionando la polución de los recursos hídricos, fácilmente explorables por las aguas residuales no tratadas y afirmando que atendiendo la población con el agua potable en abundancia está siendo cada vez más una tarea difícil de ser realizada.

Remociones de elementos de las aguas residuales por los EET's

La permeabilidad de un cinturón verde es el principal determinante de su capacidad para eliminar contaminantes (McCurdy 1980). Por ejemplo, un tampón permeable moderado, puede proporcionar la máxima eliminación de contaminantes debido a la gran superficie de la hoja expuesta, y su aumento en la cantidad del tiempo que pasa el aire en el dosel, debido a la reducción de la velocidad de aire. Por el contrario un búfer impermeable podrá eliminar poco en la forma de los contaminantes gaseosos, pero permiten la sedimentación máxima de partículas en la cara superior de la hoja (Miller 1988).

Un estudio hecho por (Al-Ghawas S., y Al-Mazeedi K., 2000) las aguas residuales tratadas se desempeñan en un papel importante en la ejecución del Plan Nacional de Desarrollo Kuwait Agricultura. Como un sustituto para el agua salobre o dulce en el riego, el tratamiento de aguas residuales municipales puede ser una solución práctica. Sin embargo, la salud especial y las consideraciones ambientales deben ser evaluadas cuidadosamente al usar esta fuente de agua. Estas consideraciones incluyen la potencial infección con patógenos humanos, los efectos de los metales pesados en la salud pública, y la consecuencia ecológica sobre los recursos del suelo y del agua en general. Estos temas fueron investigados bajo un ambiente controlado utilizando una amplia gama de cultivos y dos tipos de agua de riego: una fuente terciaria de aguas residuales tratadas y el agua fresca de la llave como control. Las muestras de suelo, agua y planta se recogieron a intervalos fijos y se analizaron para el recuento viable total, coliformes totales, coliformes fecales y fecal Streptococc, Salmonella, Shigella, imbricoides Ascaris y virus patógenos. Además, se midió durante, nueve metales pesados (Cd, Zn, Fe, Mn, Cu, Ni, Co, Cr y Pb). La salinidad del suelo y la acumulación de sodicidad en el suelo y las fuentes de agua subterránea también fueron investigados por los cambios que podrían indicar un posible efecto a largo plazo la degradación. Los resultados después de 3 años de estudio indican que la utilización de aguas residuales con **nivel de tratamiento terciario es de alta calidad**. Su contenido potencial patógeno es por debajo de las directrices recomendadas por la OMS para el uso de las aguas residuales en la agricultura mixta, y por lo tanto, no tuvo ningún efecto acumulativo sobre el suelo irrigado o las diferentes partes de los tejidos vegetales que se analizaron.

La remoción de nitrógeno, fosforo y potasio de otros nutrientes y metales pesados por disposición controlada en el suelo, de acuerdo con CORAUCCI FILHO et al (1999) es presentada a seguir:

Nitrógeno:

El nitrógeno en muchos casos no constituye preocupación para el tratamiento, visto que es casi totalmente eliminado por la vegetación del suelo y por la asimilación de las bacterias.

Foster y Drasas (1988) relatan que la eliminación del nitrógeno por deposición controlada en el suelo de efluentes de tratamientos primarios y secundarios pueden llegar a 90%.

Fosforo:

Esencial para las plantas, siendo que los efluentes domésticos tienen excelentes fuentes de fosfatos, que son absorbidas en su mayor parte por las partículas de arcilla cuando el agua percola través del suelo. De modo general, el fosfato proveniente del efluente no es considerado toxico para las plantas sin embargo, cantidades excesivas de efluentes pueden inducir deficiencias de cobre y zinc, importantes micronutrientes para las plantas (MIRAND 1995).

Potasio:

El potasio es uno de los macro nutrientes exigidos en mayor cantidad por las culturas en el desarrollo de la planta, este elemento confiere mayor vigor y resistencia a enfermedades, auxilia en la producción

Coraucci Filho (1999) analizó varios sistemas en utilización, celebrando que la aplicación de las aguas residuales domésticas y industriales en la agricultura ha fomentado un aumento en la productividad de la planta, sin sacrificar la calidad del producto. Tomó nota de que en crecimiento de los árboles silviculturas ha aumentado y incluso duplicado. El mismo autor informa sobre los siguientes resultados que son verificados por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), el riego con aguas residuales municipales: forraje en la hierba, el crecimiento de biomasa fue 300% a 400%; El aumento en la cantidad de proteína en el forraje fue del 6% al 17%; en cereales, 20% a 50%; en las plantas de raíz, 100%.

Todos los sistemas de tratamientos biológicos de aguas residuales se basan en procesos y organismos naturales y muchos "sistemas naturales" al parecer, se basan en el bombeo mecánico y aireación. Para Grant N. (2001), lo que diferencia un sistema natural es que, los procesos naturales proceden a tasas mínimas de consumo de energía, cuando se

aplica el transporte de líquidos, aeración parcial y cosechas de plantas. Es interesante comparar procesos aparentemente “naturales” como los filtros percoladores que cual dependen únicamente de la gravedad y “procesos naturales”, con sistemas aparentemente naturales, tales como lagunas aireadas o *living machines*, **cual pueden tener un alto aporte de energía.**

Capítulo 2. Referencias en sistemas de saneamiento en nivel mundial

2.1 Históricos de sistemas de humedales artificiales y estanques de evapotranspiración

El uso de humedales artificiales para tratar efluentes no es una nueva idea y encuentra su origen miles de años antes por los chinos y egipcios por ejemplo, para clarificar sus efluentes líquidos, y desde entonces, en décadas se hicieron muchos trabajos en instituciones en el mundo, Wastewatgardens (2014). Plantas de tratamiento en hormigón utilizando técnicas de la degradación química y biológica, se construyeron más de 100 años atrás, y fueron las principales técnicas utilizadas en todo el mundo para el tratamiento centralizado de aguas residuales.

De acuerdo con DAESCHLEIN G (2003), desde los años cincuenta del siglo pasado, también en los países más desarrollados en la necesidad de técnicas descentralizadas y menos costosas, dieron lugar a investigaciones con técnicas alternativas que toman en cuenta los efectos atenuantes de los tratamientos naturales en los "Wetlands". Después de estos años una gran variedad de "Wetlands" fueron diseñados en todo el mundo y los principios de tratamiento natural de aguas residuales fueron científicamente aceptados.

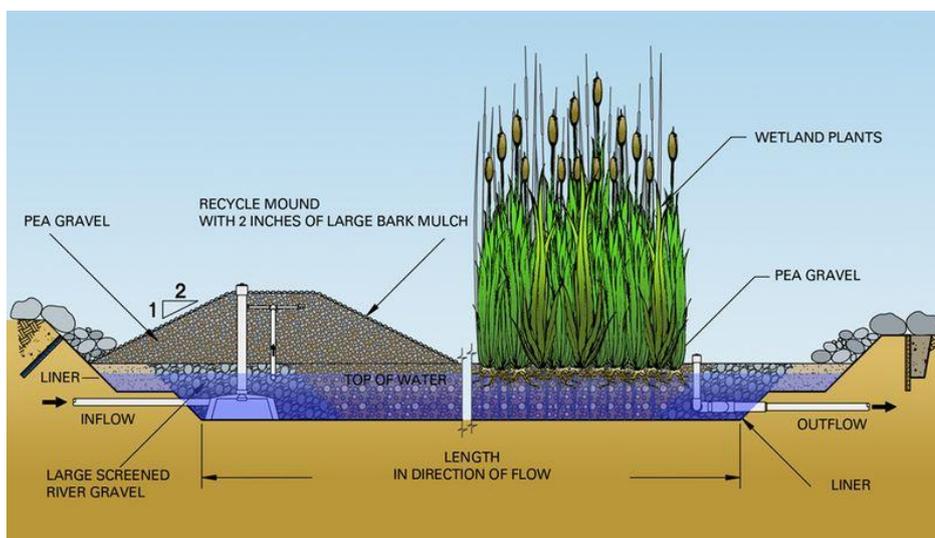


Figura 3. Sistema Wetland. Younguer P. Henderson R. 2014**Figura 4. Fuente: www.agroserviciosvetiver.com**

El estanque de evapotranspiración (EET) es un sistema de tratamiento y reutilización de las aguas residuales por zonas húmedas al flujo subterráneo. Este sistema fue creado por el permacultor Tom Watson en los EE.UU. con el nombre de "Watson Wick" y adaptado por varios *permacultores* brasileños. Se trata de un sistema cerrado, es decir, sellada, y no hay salida de agua ya sea para filtrar o para los sumideros. En él, se produce la descomposición anaeróbica de la digestión de la materia orgánica y la absorción de nutrientes y agua por las raíces de las plantas. Los nutrientes salen del sistema mediante la incorporación de la biomasa de la planta y el agua se elimina por evaporación. No hay escurrimiento, por lo tanto, no hay manera de contaminar el suelo o riesgo de contaminarlo por microorganismos patógenos fuera del sistema.

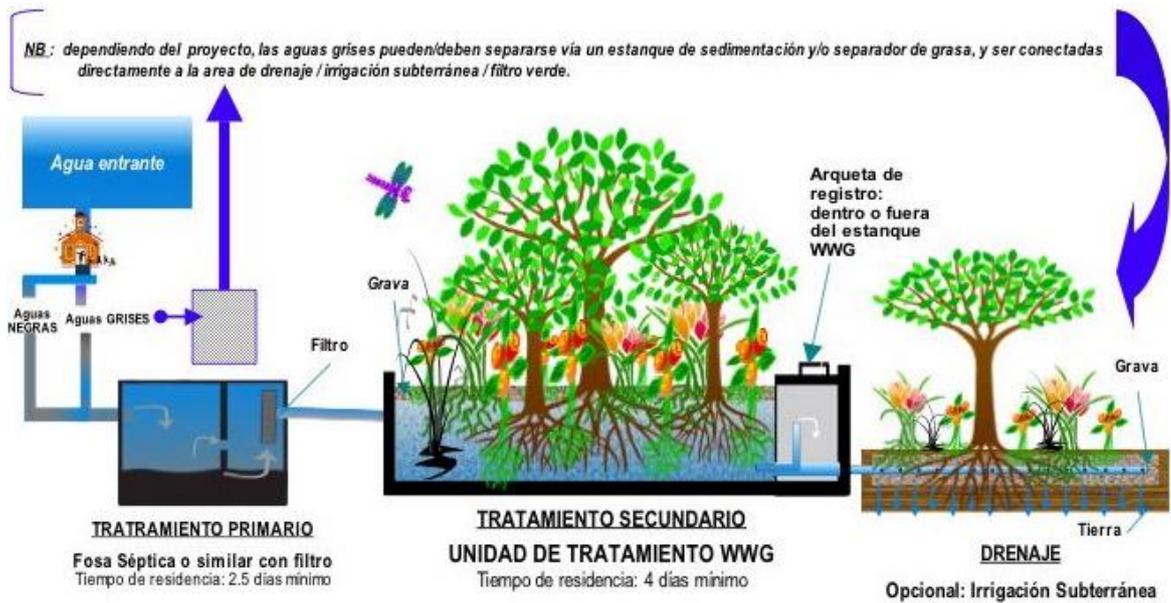


Figura 04: Sistema de estanque de evapotranspiración utilizado por Wastewater Gardens, (2014).

2.2 Living Machines. Todd J (2008)

Living Machine es un dispositivo formado por los organismos vivos de todos los tipos y generalmente alojado dentro de una estructura hecha de materiales de peso extremadamente ligero. Como una máquina convencional, que se compone de partes interrelacionadas que funcionan juntos en el rendimiento de algunos tipos de trabajo. Living machines son diseñados para producir alimentos, combustibles, tratamiento de desechos, purificar el aire, regular el clima. Están planteadas según los principios evolucionados por la naturaleza y la regulación de sus grandes ecologías, recreando sistemas naturales. Su principal fuente de energía es la luz solar.

Sistemas de tratamiento de residuos utilizando rayos solares fueron iniciados por la Aeronáutica y del Espacio (NASA) y por *Solar Aquasystem*, en los años setenta y ochenta. Los métodos de los sistemas acuáticos solares involucran el tratamiento de las aguas residuales preliminarmente y el bombeo en estanques especiales dentro de la estufa solar. Una vez dentro de los estanques, las aguas residuales se airean, y las bacterias,

algas microscópicas animales y plantas acuáticas superiores tales como el Jacinto de agua, que flotan y trabajan en la eliminación de toxinas y en la materia orgánica del agua. Los científicos están descubriendo que los juncos y juncias añadido a un sistema como este pueden eliminar los metales pesados. El proceso de purificación solar produce subproductos con alto valor comercial. Aprovechando el agua rica en nutrientes se cría condiciones con invernadero ornamentales de alto valor. El biogás y la electricidad pueden ser generados a partir de plantas y sedimentos. Se pueden hacer criaderos de peces comercialmente haciendo uso de la calefacción solar, purificación y esterilizando de las aguas residuales. Toddd J. (2008)

Para Todd J (2008) nos encontramos con que, dadas las condiciones adecuadas, los ciclos de purificaciones que se miden en los siglos, se pueden acelerar de modo que la purificación se puede lograr en semanas y meses. Proporcionando a las poblaciones, la utilización de prácticas avanzadas y tecnologías que sean ecológicamente sostenibles. Desde nuestro enfoque más reciente sobre la recuperación del agua, hemos llegado a ser igualmente convencido de que, debemos tomar las medidas adecuadas lo suficientemente pronto, es posible restaurar la mayor parte del mundo natural de la que nos hemos despojado.



Figura 4. Living Machines. Disponible en: toddecological.com/eco-machines/

Ventajas de sistema, según el autor:

- Sistema de alta eficiencia, con posibilidad de tratar metales pesados.

- Posibilidad de tratar grandes volúmenes de desechos en poco tiempo.
- Obtención de subproductos, como alimentos vegetales, pescados y energía.
- Posibilidad de utilización en distintos tipos de edificaciones.
- No usa productos químicos.

Desventajas del sistema:

- Sistema complejo, requiere altos costos de implementación
- Altos costos con energía eléctrica
- Difícil mantenimiento necesitando mano de obra valiosamente especializada
- Costos de implementación Inviabiles para el tratamiento de las residencias unifamiliares

2.3 Flow Forms

Flowforms se originaron en la década de 1970 por John Wilkes. Wilkes percibió que el secreto de la vitalidad del agua reside en su movimiento rítmico. Todos los seres vivos dependen del agua, lo que implica que los procesos regenerativos, son un trabajo continuo. En caso contrario el agua no sería capaz de mantener su función como elemento de soporte vital.

Flowforms son cascadas que ayudan a la re-oxigenación del agua para restaurarla a lo más cercano de su estado natural. Funcionan como una especie de pulmón vivo, ayudando microorganismos aeróbicos para descomponer la "materia no deseada" en el agua, por ejemplo, las aguas grises o las aguas residuales. La acción del agua es doblar en oxígeno. Según Wilkes, los sistemas de pulverización Flowforms son preferibles a ser comparados a otros sistemas de lagunas de estabilización de aguas residuales. Porque no necesitan ningún aparato eléctricos.



Figura 5. Flowforms. Disponible en: patrickgarretson.com/flow-forms/

Para Wilkes J. (2000), tenemos que cuidar el agua como si nuestras vidas dependieran de ello - que ciertamente lo es, y no sólo tratar como un vehículo para la eliminación de nuestros desechos. Todos hemos llegado a comprender que el agua dulce pura es un bien muy preciado, y que ya se está comprando desinfectada, pero el agua "sin vida" es vendida en botellas en el supermercado, y el agua que sale del grifo en su casa es de hecho inferior a lo que encontramos en un arroyo de montaña.

Flowforms, se pueden utilizar para muchos propósitos, siendo usada en diversos países – propósitos como para la revitalización del agua potable, las presas, revolver los preparados biodinámicos, los alcantarillados y tratamiento de aguas grises, los lácteos y los efluentes, los viveros, los estanques para aves acuáticas, en los zoológicos y la vida silvestre, la acuicultura, las piscinas, los edificios de oficinas para revitalizar y mejorar el medio ambiente, las plantas de aire acondicionado, y por supuesto, para los parques y jardines para que podamos disfrutar de ello.

Ventajas del sistema, según el autor:

- Alta eficiencia.
- Belleza estética
- Obtención de subproductos de excelente cualidades como, agua potable, diversos alimentos, productos vegetales y en la industria farmacéutica
- Posibilidad de utilización en distintos tipos de edificaciones

- Sin uso de productos químicos, ni electricidad.

Desventajas del sistema:

- Sistema complejo, requiere moderados costos de implementación
- Sistema necesita un área mayor y un tiempo mayor para que el sistema opere en condiciones óptimas

Capítulo 3. Descripción del tratamiento propuesto

3.1 Estanques de evapotranspiración (EET)

Los estanques de evapotranspiración consisten básicamente en una etapa complementaria. Después de pasar por las etapas de tratamiento primario y secundario el efluente de aguas residuales, pasa por un filtro ascendente que contiene piedras de mayor granulometría, abajo siguen las piedras de menor granulometría, después hay un *Bidin* que es un filtro (tejido sintético) utilizado para dejar pasar solo el agua, utilizado para no obstruir la tubería con partículas, en la parte superior del filtro hay una camada de suelo orgánica, de 0,6 m no comprimida, donde son plantadas las plantas, que en su mayoría son utilizadas las especies vegetales Macrófitas. En los sistemas se separa las aguas negras, y las aguas del inodoro.

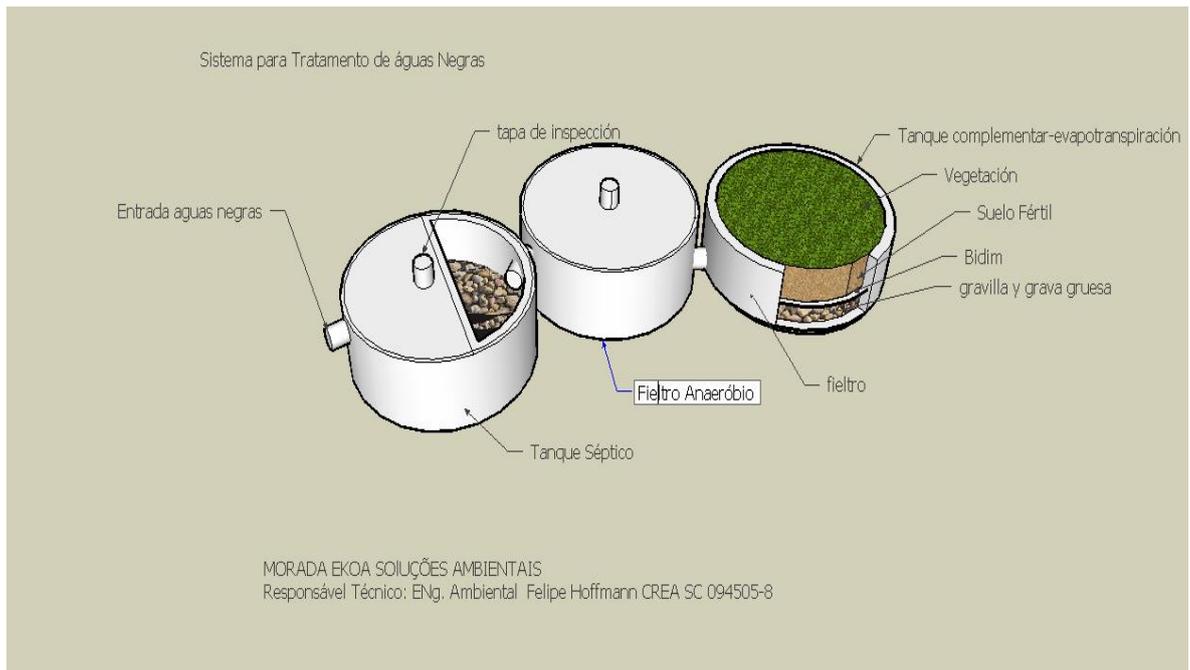


Figura 6. Estanques de Evapotranspiración para aguas negras (BET), Hoffmann .2014.

3.2 Estanque de cámara única

Los estanques de evapotranspiración pueden utilizar también, una cámara única que también es sellada, y un flujo ascendente como se puede ver en la imagen de abajo.

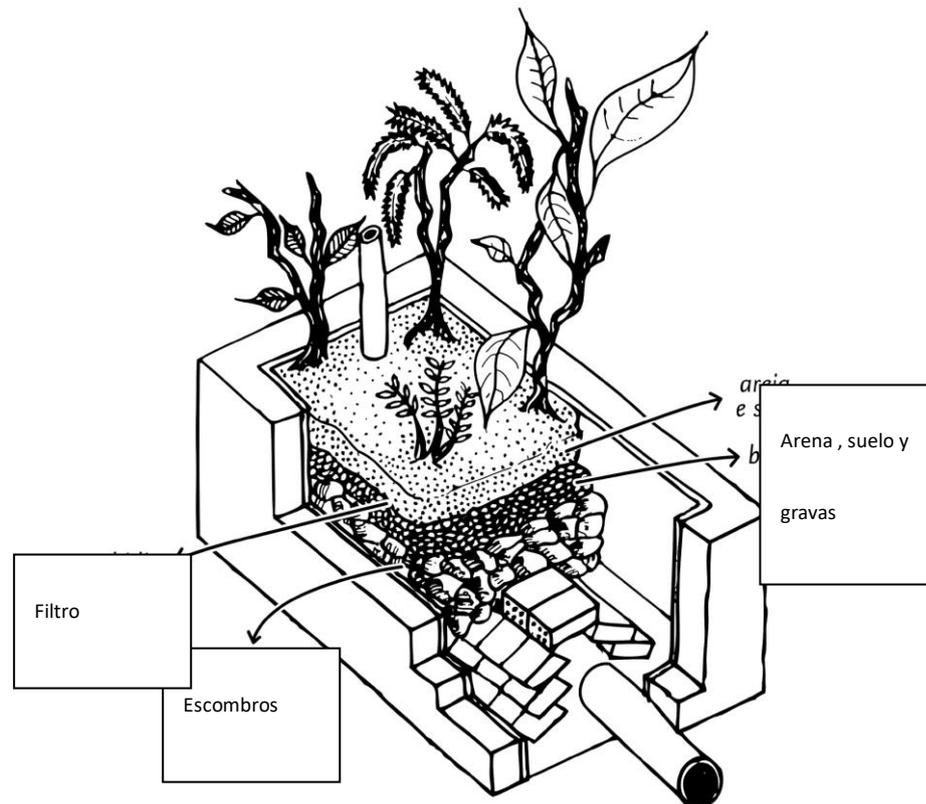


Figura 7. EETS flujo ascendente Fuente: F. Hoffmann, 2014.

3.3 Sistema de saneamiento para aguas grises

Las agua del lavado, el fregadero de la cocina, lavabo, duchas y lavadora. No es recomendable almacenarlas, porque las bacterias van a consumir el oxígeno que está en el agua y con el tiempo, esta agua va tener un mal olor. Siendo así, se hace un sistema separado para las aguas grises, ya con un filtro y con las vegetaciones para consumieren

esta agua. Es recomendable el sistema pasar por una trampa de grasa para facilitar su mantenimiento.

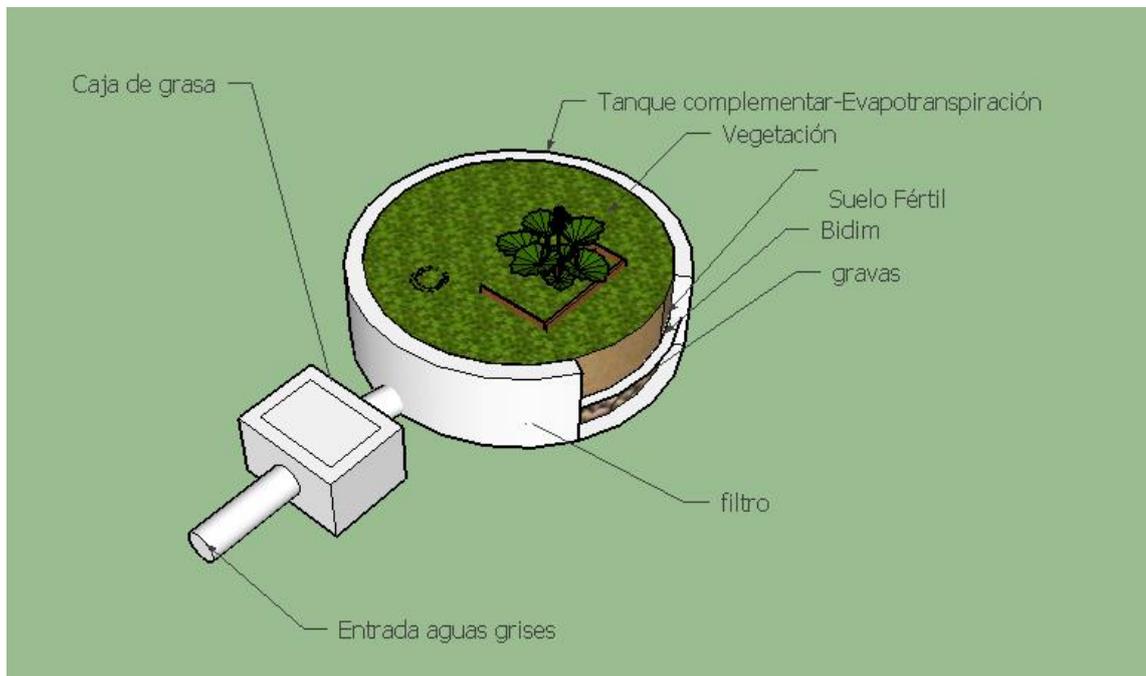


Figura 8. Sistemas de Saneamiento para aguas grises, Hoffmann 2014.

3.4 Evapotranspiración en el sistema de saneamiento

La parte superior de la EET debe tener condiciones de insaturación en agua, en esta parte del estanque, el agua sigue subiendo a la superficie, por la capilaridad que es, la interacción de fenómenos, de cohesión entre las moléculas de agua y adhesión de las mismas con las partículas del suelo, llenando de sus poros más pequeños, (Ferri 1985). También ocurre el fenómeno de adsorción de agua, por las partículas del suelo, que son cargadas eléctricamente. Con la absorción del agua del suelo por las raíces de las plantas, se instaura una diferencia de potencial magnitud, entre las regiones más próximas a las raíces y las regiones más distantes. Como el agua busca, espontáneamente estados más bajos de energía, ella se mueve en dirección a las raíces (Ferri 1985). En condiciones climáticas propicias, - radiación solar, viento y humedad del aire debajo de la saturación- el potencial de agua en la parte aérea de la planta es menor de que en las raíces, lo que provoca la translocación de agua dentro de la planta en dirección a las hojas, pasando esta para la atmósfera, que es el fenómeno llamado, **Evapotranspiración** (Ferri 1985).

Los estanques de evapotranspiración pueden estar en un nivel natural del terreno, o arriba (cuando hay un acuífero muy cerca de la superficie). Todo el sistema debe ser

impermeabilizado. El nivel de tratamiento de aguas después de pasaren por el estanque de evapotranspiración es equivalente en al nivel terciario (ERCOLE, 2003). En la superficie del estanque de evapotranspiración pueden ser cultivadas las plantas para la alimentación humana, (desde que las partes utilizadas no tengan contacto con el suelo).
 Imagen a seguir:



Figura 9. Estanque de Evapotranspiración instalada y 8 meses después. (Fuente: autor)

Otros fines para las vegetaciones pueden ser, ornamentales, para la alimentación animal y producción de biomasa.

Ventajas del sistema:

- Bajo costo de instalación y mantenimiento
- Ausencia de malos olores
- El terreno superior donde están ubicadas las dos primeras cámaras, pueden ser utilizados para zonas verdes, parques y jardines.
- Ausencia de problemas relacionados con la contaminación de la vegetación, y de los usuarios del sistema.

Desventajas del sistema:

- El sistema necesita de educación de sus usuarios para una mayor responsabilidad por la generación de las aguas residuales.
- El sistema necesita manutención periódica de las vegetaciones.

3.5 Educación de los habitantes para difundir el saneamiento ecológico:

Para difundir soluciones para el saneamiento ecológico es importante, la existencia de espacios que utilizan las soluciones dichas, así es, como se hace la observación del sistema en funcionamiento *in loco*. Abajo, en la imagen hay una visita técnica de la fundación de Medio Ambiente en Joinvile, SC para la Morada Ekoa, en Imbituba, la intención de la visita técnica por parte de Joinvile, era ver distintos sistemas de saneamiento ecológico para que se pueda reproducir los sistemas de acuerdo con las características ambientales y sociales de la ciudad de Joinvile, SC.



Figura 10. Visita Técnica de la Fundación de Medio Ambiente de la ciudad de Joinvile, SC. Brasil, para os sistemas hechos por el autor en Morada Ekoa Imbituba, SC, Brasil.

3.6 Taller de saneamiento ecológico.

Otra iniciativa para difundir sistemas ecológicos es generar el conocimiento práctico para estudiantes con formación en el área, que puede ser hecho por medio de oficinas prácticas, así los estudiantes tienen la oportunidad de dimensionar y construir sus propios sistemas, llevando la teoría a la práctica. De este modo, a través de las adversidades, generar el conocimiento necesario para reproducir nuevos sistemas de saneamiento ecológico (EET`S).



Figura 11. Taller práctico de saneamiento ecológico para estudiantes del curso de Ing. Ambiental Univali, hecha en Morada Ekoa, Imbituba. SC.Brasil .2012.

3.7 Ficha Técnica Informativa en Estanques de Evapotranspiración

Se preparó una lista de verificación, elaborada por el autor, para ayudar en el desarrollo de proyectos de saneamiento ambiental para sistemas ecológicos con tratamiento local. Con base en la NBR 13.969, con la experiencia práctica del autor y las Instituciones de Permacultura se presenta esta Ficha Técnica en Estanques de Evapotranspiración para auxiliar a los profesionales a implementar las EET, detallando las informaciones necesarias para su dimensión, utilización y mantención.

Conocer las características de los alrededores

Para Implementar un sistema, el primer paso es conocer los alrededores de donde se quiere implementar el sistema, para eso es muy importante tener en cuenta:

- Los caudales reales a tratar. Calculando la cantidad de residuos que debe ser tratada.
- Conocer las características de las aguas residuales. Dividir los efluentes en dos sistemas, siendo un sistema para aguas negras (las aguas procedentes del inodoro) y otro sistema para las aguas grises (todas las aguas, excepto las del inodoro sanitario).

- Conocer las características del suelo. La capacidad de infiltración de agua en el suelo.
- Saber dónde se encuentran los recursos hídricos, los cursos de agua, el nivel del acuífero, evitando así la contaminación. Se deben mantener una distancia vertical mínima entre el fondo de la BET y el nivel máximo del acuífero de 1,5m.

Por lo general, los sistemas de tratamiento de aguas residuales, los costos de implementación y mantención son proporcionales al volumen del desecho al ser tratados. Es imprescindible la comprensión que el propio usuario es responsable por la generación de su efluente, cuanto mayor es su disposición para la reducción de desperdicio, menores serán los costos de saneamiento.

Algunos de los cambios de hábitos que pueden ayudar en la reducción del volumen de desecho son:

- La adopción de equipos y dispositivos sanitarios que requieren menor cantidad de agua para funcionar, tales como, grifos con aireadores y necesariamente aseos con menor volumen de agua.
- La reutilización del agua antes del suelte al sistema de saneamiento.
- La utilización de producto detergente y de limpieza que contengan concentraciones de productos químicos como el fósforo en menor grado.

Reglamento en Brasil para los sistemas EETS

En Brasil, EET son reconocidos en la normativa como sistemas complementarios, siendo así, esta la necesidad de que las aguas residuales pasen previamente por los sistemas de tanques sépticos.

Dimensión del sistema.

El volumen útil de la cama del filtro es calculado:

$$Vu = 1,6NCT$$

Donde:

N= número de contribuyentes

C= contribución de los desalojos, en litros X habitante /día (de acuerdo con la tabla 01)

T= tiempo de detención hidráulica (de acuerdo con la tabla 02)

Tabla 1 Contribución diaria de los residuos y de carga orgánica por tipo de edificación y de Ocupantes

Tipo de edificación: Residencia		Unidad	Contribución desecho l/día	Contribución de carga org. DBO5,20°/d
1.Ocupantes permanentes	alto nivel	persona	160	50
	medio estándar	persona	130	45
	bajo nivel	persona	100	40
	Hotel (excepto lavandería y cocina).	persona	100	30
	alojamiento transitorio	persona	80	30
2. Ocupantes temporarios	fábricas en general	persona	70	25
	Oficinas	persona	50	25
	edificios públicos o comerciales	persona	50	25
	Escuelas	persona	50	20
	Bares	persona	06	06
	Restaurantes	persona	25	25
	Cines y teatros	persona	2	1
	Baños públicos	Sanitario tazón	480	120

Tabla 2 Tiempo de retención hidráulica de desechos (T), Por la tasa de flujo y la temperatura de las aguas residuales (en días).

Salída L \ día	Temperaturas medias del mes más frío		
	Abajo de 15°C	Entre 15°C a 25°C	Mayor que 25°C
Hasta 1.500 l	1,17	1,0	0,92
1501 hasta 3000l	1,08	0,92	0,83
3001 hasta 4500l	1,0	0,83	0,72
4501 hasta 6000l	0,92	0,75	0,67
6001 hasta 7500l	0,83	0,67	0,56
7501 hasta 9000l	0,75	0,58	0,50
Más de 9000l	0,75	0,50	0,50

Calculo del área para la EET

Basado en Del Porto y Steinfeld (1998); Crites et al., y Jenkins (1999) se desarrolló una ecuación para el área de las EETS en función de las temperaturas medias en °C, y la tasa de evapotranspiración que el sistema consume en un día:

Tabla 3 Área de las EETs en función de las temperaturas medias.

Temperatura media en °C	Tasa de evapotranspiración (litros/m2.día)
<15 °C	5 litros/m2.día
15°C <T<25°C	35 litros/m2.día
T>25°C	70 litros/m2.día

Tabla 4 Volumen de infiltración en función de la constitución probable del suelo.

Banda	Constitución probable del suelo	Volumen de infiltración (Vi) (l/m ² .dia)
1	Rocas, arcillas compactadas de color blanca, gris o negra, variando a rocas alteradas y arcillas med. Compactadas de color roja	>20
2	Arcillas de color amarilla, roja o marrón med. Compactada variando a arcillas ligeramente limosa y o arenosas	20 a 40
3	Arcilla arenosa y/o limosa, variando a arena arcillosa, o limo de color amarilla, roja o marrón	40 a 60
4	Arena o limo arcilloso, o suelo arenoso, con humus y turba, variando a suelos constituidos predominantemente de arena y limo	60 a 90
5	Arena bien seleccionado y limpia, variando de arena gruesa con gravas	>90

Fuente: Asociación brasileña de normas técnicas

Vegetaciones:

A continuación una descripción con las especies botánicas más usadas en los estanques de evapotranspiración:

***Typha latifolia* – *T. angustifolia* – *T. dominguensis*.**

Pertenece a la familia de las Typhaceas, también conocida popularmente como Espadaña, Totorá, Enea, Anea, Junco, Bayón, Bayunco, Junco de la pasión o Maza de agua, esta es de distribución ubicua, propia del borde del agua, robusta y capaz de crecer bajo diversas condiciones medioambientales de medios acuáticos tales como: lagunas, pantanos, esteros y cunetas, se propaga fácil y rápidamente, por lo que ella representa una especie de planta ideal para un humedal artificial (Lara, 1999). Esta planta purifica el agua contaminada mediante la absorción de metales pesados, como el cobre. Los rizomas son comestibles pueden ser cocinados, sabrosos, contienen proteínas (contenido similar al granos de maíz), y contienen alrededor del 45% de almidón, este previamente, se puede procesar en harina. Los brotes jóvenes también son comestibles y se puede comer crudas o cocidas, estos se conocen como “espárragos cosacos”. La parte aérea de la planta se puede quemar para obtener la sal vegetal. Incluso el polen de esta planta tiene muchos usos tales como panes de mezcla, sopas, tortas, pasteles y similares, el arroz de color amarillo, se puede comer con miel, y es rico en antioxidantes. Las inflorescencias

jóvenes se pueden secar por el calor y se consumen de la misma manera que el maíz. Los nuevos brotes se pueden utilizar también para la alimentación de los peces, especialmente la tilapia. Las fibras de la planta son muy fuertes, aunque son muy difícil de blanquear. Las hojas también se pueden utilizar en la artesanía, para la fabricación de alfombras y tejidos diferentes. Las fibras dan lugar a una especie de kapok muy ligero y resistente al agua, llamada kapok, que se usa como aislamiento o materiales de carga en general, y para su uso en chalecos salvavidas. El polen de las flores es inflamable y es un sustituto de licopodio en pirotecnia.



Figura 12. Taboa (*Typha domingensis*)

Es una planta que puede ser considerada invasora, de crecimiento rápido, se debe tener cuidado de que no invadan el espacio de otras plantas del humedal, desplazándolas. Soporta un increíble rango de temperaturas; es una de las plantas acuáticas más resistentes y menos exigentes. Vive con los rizomas sumergidos y sólo resiste fuera del agua durante periodos muy breves. No necesitan un suelo especialmente rico, pero se debe mantener el agua bien aireada.

Eichhornia crassipes.

Una hierba acuática, generalmente flotante, algunas veces arraigada. De tallo rizomatoso, del que se originan muchas raíces semejantes a las plumas, son hojas emergentes, láminas orbiculares y elípticas, con base truncada a ligeramente cordada, ápice truncado, redondeado a ligeramente obtuso, Pecíolos más o menos inflados, variables en tamaño.

Inflorescencia espiciforme con 4-12 flores, alternas a lo largo del pedúnculo. (Guevara, 2004).

Se introdujo primero en los Estados Unidos desde Venezuela y se exhibió en la Exposición de Algodón de Nueva Orleans en 1884. Los paisajistas la adoptaron como ornamental plantándola en piscinas y estanques. Al poco tiempo invadieron arroyos, canales, conductos de aguas de regadío, vías fluviales y lacustres, convirtiéndose así en una molesta plaga.



Figura 13. Jacinto de agua. Fuente: (Piérart,I, 2012)

Las potencialidades de esta planta fueron descubiertas por Sir Albert Howard en 1920. Un científico especializado en agricultura, realizó estudios sobre la planta en India y publicó artículos relacionados con su aprovechamiento en la depuración de aguas residuales, usos derivados como abono orgánico y alimento para ganado porcino.

El sistema del jacinto de agua es un filtro vivo, un sistema natural de tratamientos de aguas. En estos sistemas las plantas acuáticas bombean oxígeno desde el aire (atmósfera) hacia las raíces para así poder sobrevivir dentro de su hábitat.

La fina capa de oxígeno que cubre las raíces de las plantas, soporta a una población diversa de microbios aerobios que digieren moléculas orgánicas y a su vez liberan dióxido de carbono y agua. La combinación de digestión y la absorción que toma lugar en este sistema provee de una reducción del CTO (Consumo Total de Oxígeno) y en las concentraciones de compuestos tóxicos (metales pesados), también puede remover algunos compuestos orgánicos, tales como fenoles, ácido fórmico, colorantes y pesticidas, y disminuir niveles de DBO (demanda biológica de oxígeno), DQO (demanda química de oxígeno), y sólidos suspendidos (Metcalf & Eddy, en Celis *et al*, 2005).

Investigaciones celebradas en São Paulo (DAE Magazine, núm.135, dez./83) demostraron que las cargas máximas de nitrógeno y fósforo, para una eficiencia del 80% en el tratamiento fueron 18 y 4 kg / ha.días, respectivamente. Por lo tanto, un estanque de Jacinto de agua, con una **superficie de 1 ha, puede tratar todos los días, las aguas residuales que corresponde a una población de aproximadamente 2.500 habitantes**. El jacinto de agua también se puede utilizar como subproductos, tales como compuesto orgánico alimento para el ganado y la producción de carbón vegetal, el metano, pulpa, etc. La temperatura óptima de crecimiento es de entre 21 y 30 grados centígrados. El tiempo de retención puede ser corto (4-6 días; mejores) o larga (15-54 días) y 30% de la superficie del estanque, libre, con la eliminación de 200 kg / ha.day jacinto de agua. La producción de jacinto de agua en el estanque obtenida en la fase de crecimiento exponencial fue de aproximadamente 210 a 250 kg / peso seco ha.day y tiempo de duplicación en masa fue de alrededor de 14 días. Además de los problemas básicos de la retirada y eliminación del jacinto de agua, la proliferación de estanque infestado de mosquitos a otros vectores de enfermedades (como la esquistosomiasis caracol, por ejemplo), su destrucción por las heladas, son algunos de los problemas operacionales que deben ser analizado antes de la implementación. (COSTA, 1997).

Plantas do gênero Musa (Platanos):

El cultivo del banano es el segundo en volumen de fruta producida en Brasil y la tercera posición de la superficie cosechada. Entre las frutas más consumidas en los hogares de las regiones principales metropolitanas del país, el plátano es sólo superada por la naranja. Consumido por varios sectores de la población , el plátano está presente en la tabla de Brasil como un alimento , no al igual que el postre. Desde su cultivo exige grandes cantidades de nutrientes a mantener un buen desarrollo y la obtención de altos rendimientos, produce suficiente masa vegetativo y absorbe y exportaciones altas cantidades de nutrientes. El potasio (K) y nitrógeno (N)son absorbidos y más necesario para el crecimiento y la producción de nutrientes de plátano . en orden descendente del árbol de plátano absorbe los nutrientes siguientes : macronutrientes : K> N > Ca > Mg >S > P; micronutrientes : Cl > Mn > Fe> Zn > B> Cu. Santos V. ET all (2012).

Determinación de los criterios para elegir los sistemas de saneamiento en evaluación:

Para elegir los sistemas ya construidos (en operación) utilizados que fueran evaluados, se utilizaran como criterios:

- Tratamiento local, con fase de decantación, microbiológico y complementar.
- Possuir vegetación adecuada ao sistema.
- El sistema permanece selado.
- Preferiblemente que no utiliza electricidad
-

3.8 Cartilla de manejo sustentable del agua.

Como complemento en la tesis, se produjo un folleto que simplifica y ilustra las informaciones presentadas en la tesis, con el fin de divulgar la importancia del agua y su gestión sostenible, esta divulgación es para el sector de los estudiantes y personas interesadas en el tema. Esta cartilla fue gentilmente impresa por Vânia Weber, de la editora Globo y fue distribuida durante el estudio de la tesis para las personas de Brasil, Uruguay, Argentina y Chile. Su distribución se continuará después de la tesis. En adjunto A), está la cartilla con la forma que fue impresa.

Capítulo 4. Comparación estudios de caso

Se compararan para el estudio de caso los sistemas de Lecho de Macrófitas de, mayor escala hechos en Portugal Europa Y sistemas de EETS para habitaciones unifamiliares en Brasil.

Las informaciones del estudio de caso hecho en Portugal se fundamentaron por la publicación: *Avaliação do Desempenho de Leito de Macrófitas no Tratamento de Águas Residuais Domésticas, Portugal, (2008)*:

La necesidad de encontrar soluciones adecuadas y sustentables para el tratamiento de las aguas residuales de un grande número de pequeños aglomerados rurales portugueses, tornó pertinente la evaluación del desempeño de algunos de los sistemas de los Humedales artificiales (Reed Beds), Existente en Portugal, Europa. Para ese efecto, se seleccionó un conjunto representativo de ETAR de modo a tentar validar esta solución como alternativa creíble a los métodos convencionales de tratamiento través de la profundización del conocimiento del actual funcionamiento y identificación de sus principales problemas operacionales.

Con ese objetivo fueron seleccionados para un estudio de sus características y de su funcionamiento veinte (20) Estaciones de tratamiento.

Se tratan de instalaciones que están en operación desde los finales de los años 90, que sirven para las poblaciones equivalentes entre los 109 y 1160 habitantes, en su gran mayoría los sistemas tienen un tanque séptico, como sistema de tratamiento primario.

4.1 Resultados para el sistema ETAR. Portugal

Con base, los datos obtenidos en la caracterización de los lechos de Macrófitas, se procedió a un análisis del área ocupada por los sistemas, bien como los costos relacionados para su ejecución. Las áreas consideradas en su análisis fueron:

- (1) El área total ocupada por el sistema de tratamiento.
- (2) Área total del sistema por habitante.
- (3) Área exclusivamente ocupada por los lechos donde están ocupadas las Macrófitas.
- (4) Área del lecho de Macrófitas por habitante.

Tabla 5 Resultados obtenidos para el sistema ETAR. Portugal. Fuente: Seco (2008).

ETAR	Habitantes	Área				Custo de investimento			Grau de satisfação (0 – 5)
		Sistema (1)	Sistema (2)	Leitos (3)	Leitos (4)	/ m ² (5)	/ m ² de leito (6)	/ hab. (7)	
		m ²	m ² /hab	m ²	m ² /hab	euro	euro	euro	
Madeira	200	541	2,7	294	1,5	294	442	650	4
Alcochete	500	4000	8,0	1764	3,5	47	107	379	3
Aranhas	437	4100	9,4	836	1,9	.....	.....	.....	4
Condeixa	600	4600	7,7	1610	2,7	37	90	285	3
Penacova	600	3240	5,4	1860	3,1	30	52	162	3
Rossas	600	1800	3,0	1444	2,4	56	70	168	3
Salamonde 2	250	600	2,4	289	1,2	.....	.....	.....	3
Salvador	563	3100	5,5	630	1,1	.....	.....	.....	4
Vila de Rei	1054	4325	4,1	855	0,8	43	216	176	2
Arganil	109	800	7,3	160	1,5	51	256	376	2
Carregal do Sal	200	655	3,3	338	1,7	.....	.....	.....	3
Covilhã	840	2398	2,9	1045	1,2	41	95	119	3
Grândola	500	1100	2,2	500	1,0	75	164	164	1
Guarda	1160	2500	2,2	2500	2,2	52	52	43	3
Mealhada	125	1000	8,0	350	2,8	39	110	308	3
Odemira	350	1360	3,9	714	2,0	64	121	249	1
Salamonde 1	250	700	2,8	289	1,2	72	224	259	3
St. Comba Dão	300	1153	3,8	585	2,0	27	53	103	2
Tondela 1	200	686	3,4	656	3,3	.....	.....	.....	2
Tondela 2	200	562	2,8	532	2,7	.....	.....	.....	2
Média	592	2059	4,4	973	1,9	49	119	202	3
Desvio padrão	638	1406	2,4	725	0,9	14	70	110	1

En relación a analice a los costos de instalación fueran calculados los siguientes tres valores de referencia:

- (5) costo del sistema de tratamiento por unidad de área ocupada.
- (6) costo del lecho por unidad de área ocupada
- (7) costo total del sistema por habitante servido.

Tabla 6 Resultados obtenidos para el sistema ETAR. Portugal. Fuente: Adaptado de Seco (2008).

Re gion	A ño	H a bi t. se rv id os	a r e a s i s t . (m 2)	Á r e a d o s l e c h o s	Ti p o de pla nta s	N ° de l e c h o s	C o s t o s d e l s i s t e m a	Fr eq . A n a l i s e s	M a n t e n i m i e n t o	Prob lem as o c o r r i d o s
Alc och ete	20001	500	4000	1764	Phr ag mit es	4	189500	Se m est ral	Sí	No
Ara ñas	20004	437	4100	836	Phr ag mit es	1	...	M en sal	Sí	Obst ruc ci ones de sól id os
Ara mil	20002	109	800	160	Jun co	1	4100	An ual	No	Obst ruc ci ones de sól id os
Car reg al do sal	19998	200	655	338	Phr ag mit es	2	...	Tri m est ral	Sí	Obst ruc ci ones
Co nd eix a	20002	600	4600	1600	Líri o, Tip ha	1	144500	Tri m est ral	Sí	Obst ruc ci ones
Co vilh ã	19999	840	2398	1045	Thi pa	1	99760	...	No	Obst ruc ci ones de sól id os
Gu ard iola	20000	500	1100	500	Phr ag mit es	1	82182	...	Sí	Obst ruc ci ones

Guarda	1999	1160	2500	2500	Phragmites	2	130000	Mensual	Sí	Obstrucciones
Madeira	2003	240	541	441	Phragmites, Lirio, junco	3	130000	Mensual	Sí	No
Meahada	2000	125	1000	350	Phragmites	1	38513	Mensual	Sí	Obstrucción
Odemira	2001	350	1360	714	Phragmites	2	87040	Anual	Sí	No
Penacova	2001	500	3240	1860	Phragmites	2	97266	Semestral	Sí	Obstrucciones
Rosas	2001	600	1800	1444	Phragmites	4	100802	Mensual	Sí	No
Salamonde 1	1999	250	700	289	Phragmites	2	64750	Sim	Sí	No
Salamonde 2	2001	250	600	289	Phragmites	2	...	Mensual	Sí	No
Salvador	2004	563	3100	630	Phragmites	2	...	Mensual	Si	Obstrucciones de sólidos
Sta. Col	1999	300	115	58	Tipha	1	311	Anual	No	Obstrucciones

ba Dã o	9		3	5			5 9			de sólid os olore s
To nd ela 1	1 9 9 8	20 0	6 8 6	6 5 6	Jun co	1	... ... ...	An ual	No	Obst rucci ones
To nd ela 2	1 9 9 7	20 0	5 6 2	5 3 2	Jun co	1	... ... ...	An ual	Sí	Obst rucci ones
Vil a de rei	2 0 0 0	10 54	4 3 2 5	8 5 5	Phr ag mit es	1	1 8 5 0 0 0	Tri m est ral	Sí	Obst rucci ones de sólid os

4. 2 Comentarios ETAr Portugal

Sin embargo los valores presentados son desiguales, se observa que el valor medio por habitante para sistemas de lecho de Macrófitas ronda los 246 Euros, aproximadamente US\$ 336,00.

Con respecto a los costos de operación y mantenimiento aunque no se ha analizado en el trabajo por falta de informaciones consistentes, son **referenciados en la bibliografía como siendo más elevados los sistemas convencionales, porque necesitan constantemente de técnicos más especializados, estos presentan consumos considerables de energía eléctrica y requieren con cierta frecuencia la mantención de los aparatos eléctricos afectados en el sistema.**

Los costos de energía asociados por los sistemas de lecho de Macrófitas para tratamiento biológico de aguas residuales domesticas, realizados en base a procesos naturales y flujo por gravedad son relativamente bajos, si los comparamos a los sistemas convencionales, relevando-se una solución con grande eficiencia energética, especialmente para las poblaciones inferiores a 500 habitantes , Galvão Y Matos (2008).

El área media de los sistemas es de 4,4 m² por habitante, mientras que el área sola de los Lechos de Macrófitas es de 1,9 m².

4.3 Recomendaciones para los sistemas de ETAr en Portugal

Una de las estrategias más benéficas para la adopción de los sistemas de EETs, sería el reconocimiento del sistema, siendo aceptado por parte de las municipalidades, y otras regiones, bien como, promover cursos abordando el saneamiento sustentable y su mejor utilización por los habitantes.

4.4 Casos de Estudio comparativo en Imbituba, Santa Catarina Sur de Brasil

Para el estudio sobre el caso del saneamiento en Brasil, se utilizó como técnica las EETs, el área de estudio del caso fue la región costera de Imbituba, una ciudad de aproximadamente 40 mil personas, ubicada en el sur del estado de Santa Catarina, Brasil. La oferta interna del agua viene de una entidad privada de agua, por mientras el saneamiento, la región, presenta una calidad insatisfactoria de tratamiento de aguas residuales, la mayoría de los edificios son sólo aportados con el tratamiento de los tanques sépticos. Esta ineficiencia en el tratamiento de residuos provoca un deterioro de las vías fluviales de Imbituba, tales como estanques, y las aguas subterráneas. Parte del problema está relacionado con los altos costos de un tratamiento séptico. Además de la falta de una planta de tratamiento de aguas residuales. Hoffmann F. (2008).

La necesidad de encontrar soluciones adecuadas y sustentables para el tratamiento de las aguas residuales de un grande número de pequeños aglomerados de la municipalidad costera de Imbituba, Brasil, tornó pertinente la evaluación del desempeño de algunos de los sistemas de los BET, existente en la región. Para ese efecto, se seleccionó un conjunto representativo de BET de modo a tentar validar esta solución como alternativa creíble a los métodos convencionales de tratamiento través de la profundización del conocimiento del actual funcionamiento y identificación de sus principales problemas operacionales. Con ese objetivo fueran seleccionados para estudio de sus características y de su funcionamiento diez (10) Estanques de Evapotranspiración proyectadas entre 2006 hasta 2013, sirven residencias unifamiliares y posadas, en su totalidad los sistemas tienen un tanque séptico, como sistema de tratamiento primario. Como comparativo para el estudio de caso de Portugal descrito arriba, se utilizaran las mismas investigaciones. En adjunto B) se encuentra el modelo de cuestionario que se hizo, la encuesta.

		Área	Custo de Inversión	Grau
--	--	------	--------------------	------

		Sistema (1)	Sistema (2)	Leitos (3)	Leitos (4)	/m ³ (5)	/m ³ de leitos (6)	/hab. (7)	(0-5)
		m ²	m ² /hab.	m ²	m ² /hab.	Euro	Euro	Euro	
Alto arroyo	4	5	1,25	5	1,25	80	80	100	5
Alto Arroyo	3	3	1	1	0,5	200	200	200	5
Alto Arroyo	2	4	2	2	1	500	250	500	5
Lagoa ibira	2	7	3,5	3	1,5	356	356	1250	4
Alto Arroyo	2	3	1,5	1	0,5	250	250	375	5
Lagoa ibira querua	6	12	2	10	1,67	167	167	344	5
Alto Arroyo	2	3	1,5	1	0,5	250	250	375	5
Praia vila	7	10	1,428	4	1,4	200r	200r	285,72	4
Praia ibira	2	6	3	2	1	1667,r	1667,r	500	5
Praia ibira	4	10	2,5	10	2,5	160 r	160 r	400	5

Medi a		3,4	6,3	6,3	1,97	1,97	3,91,	1,82	1570,30	153,39	398,72
						8	2	7	04	8	

Tabla 7 Resultados obtenidos para el sistema en Brasil

- (1) El área total ocupada por el sistema de tratamiento.
- (2) Área total del sistema por habitante.
- (3) Área exclusivamente ocupada por las (EET's) donde están ocupadas las vegetaciones.
- (4) Área del lecho de Macrófitas por habitante.

Tabla 8 Resultados obtenidos para el sistema en Brasil.

Re gi on	A ñ o	Ha bit · se rvi do s	á r e a s i s t · (m ²)	Á r e a d o s l e c h o s	Ti po de pl an tas	N · d e l e c h o s	Co st o s d e l s i s t e m a	Ma n t e n i m i e n t o	Pr ob l e m a s o c u r r i d o s
Alt o A rr o i o	2 0 0 6	6	5 m ²	5 m ²	Platan os	1	40 0	No	No
Alt o A rr o i o	2 0 0 8	3	3 m ²	1 m ²	Platan os, marac uyas	1	60 0	No	No
Alt o A rr o i o	2 0 0 9	2	2 m ²	1 m ²	Platan os	1	10 00	No	No
La gu na I bi ra	2 0 0 9	2	7 m ²	3 m ²	Platan os helico nias	3	25 00	Sí	Comu nicaci ón agua lagun ar com

									El sistema séptico
Alto Arraio	2010	2	3 m 2	1 m 2	Platanos helicónias	1	600	No	No
Laguna Ibiara	2010	6	12 m 2	10 m 2	Platanos, juncos	2	2000	Si	
Alto Arraio	2011	2	3 m 2	1 m 2	Platanos	1	745	Sí	Estructura de hormigón fisurado
Centro Imbituba	2012	7	10 m 2	4 m 2	Platanos	2	2.000	Sí	No
Praia Ibiara	2012	3	6 m 2	2 m 2	Platanos	2	1.000	No	No
Praia Ibiara	2013	4	10 m 2	10 m 2	Platanos	1	1.600	No	No

4.5 Comentario EET Brasil

Sin embargo, que las EETS tienen una menor representatividad, visto que se compararon 20 ejemplos con 10 en Brasil, se puede observar que los datos obtenidos en Brasil son homogéneos, con pocas variaciones. Los niveles de satisfacción de los usuarios del sistema EET fueran muy altos, los usuarios en la encuesta destacan que se sienten

satisfechos por usaren la EETS, así estarán contribuyendo con un sistema de saneamiento mas sustentable que no hace malos a los recursos hídricos.

4. 6 Comparativo ETAr Portugal X EET Brasil

Tabla 9 Comparación de los sistemas ETAr Portugal x EETs Brasil

Informaciones:	ETAr Portugal	EET Brasil
Area por habitante/ m2	4,4	2,0
Area jardin filtrante/m2	1,9	1,27
Nivel de satisfacción de 0-5	3	4,8
Costo Del sistema /Habitante	US\$ 275,00	US\$ 195,00
Habitantes servidos por El sistema	592	3,7
Magnitud	Comuna	Vivenda

Lo mismo que la magnitud de la EETS de Brasil es mucho menor que la presentada en la ETAr de Portugal, respectivamente tenemos una media inferior a 4 personas en Brasil para 592 en Portugal. Esa menor distancia con el sistema de saneamiento proporciona una mayor responsabilidad por parte de los usuarios, que tienen una mayor interacción, atención y el afecto por el sistema.

Los principales problemas obtenidos en las EETS, fueron ubicados en las regiones que están muy cerca de los recursos hídricos. Que estando muy cerca de las aguas subterráneas, pierden su eficiencia, una vez que el agua de afuera del sistema, puede se comunicar con el agua dentro del sistema.

Capítulo 5. Conclusiones:

Se evaluó que los sistemas de jardines de evapotranspiración son una propuesta sustentable para el tratamiento de las aguas residuales, una vez que tienen buena eficiencia, tienen bajos costos de implementación y mantenimiento. Estos son bien aceptados por los usuarios del sistema. Queda claro que los estanques de evapotranspiración se pueden adoptar para otros edificios sustentables.

Haciendo uso del sistema los usuarios no solo están usando un sistema de saneamiento, también están contribuyendo mediante la creación de un entorno con mejor calidad de vida para sus habitaciones, generando belleza estética, producción de alimentos, y un microclima agradable.

La EETS puede ser una buena herramienta de transición, para edificaciones e instituciones que todavía no se empiezan, pero que se quiere hacer una transición para que se tornen más sustentables.

Cortez et al (2001) nos recuerda que es de fundamental importancia para la utilización con éxito de las innovaciones y las tecnologías sostenibles en la construcción, la asimilación técnica correcta, la comprensión y la conciencia sobre la importancia de los propios beneficiarios, los futuros usuarios, en su mayoría los de poblaciones de bajos ingresos, y así obteniendo gradualmente a través de cambios en los procesos la educación en la población, "más allá de la necesidad de desarrollo y la aplicación de técnicas dentro de la cultura y la realidad local.

Imágenes de los sistemas hechos en Brasil.

Siguiendo abajo las imágenes de los sistemas de saneamiento, donde **fueron** hechas las encuestas a los usuarios de las EETS. Las figuras 1, 2, 3 y 4 presentan sistemas unifamiliares para sistemas de aguas negras.

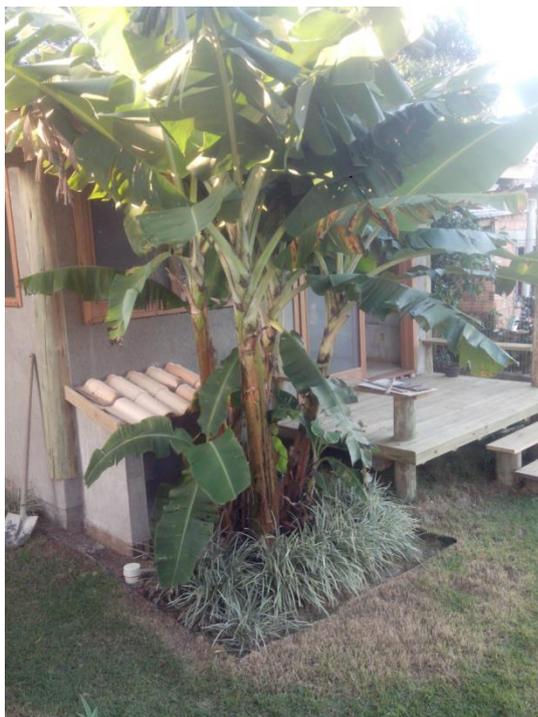


Figura 14. Autor, BET para una vivienda de dos personas. Imbituba. SC



Figura 15. Autor BET para otra vivienda de dos Personas, a la derecha de la vivienda:



Figura 16. Autor, BET para una vivienda en utilización desde 2006.



Figura 17. Autor, BET para una vivienda de 7 personas

La imagen 5 es un sistema hecho para una posada con tratamiento de aguas grises con capacidad de acogida para 40 personas.



Figura 18. Sistema de tratamiento de aguas grises para una Posada Raia 1.SC.

La imagen 06 presenta la producción de plátanos generados por un sistema EET para una vivienda unifamiliar.



Figura 19. Producción de Plátano en el sistema de Saneamiento

La figura 07 presenta una vegetación bien adaptada hecha en dos sistemas EETS separados.



Figura 20. Vegetación bien desarrollada en la EET`S

La figura 21, arriba demuestra un sistema EET de cámara única, con flujo ascendente, hecho en un taller de saneamiento ecológico por estudiantes de **ingeniería ambiental**.



Figura 21. EET de flujo ascendente, estanque único.

La figura de abajo demuestra un sistema EET de aguas grises, con un niño cosechando lechuga y cebollino para ser consumido en una cena de su familia. El sistema EET, hace parte de una huerta de 10 mts² que contribuye para una alimentación más sana en la familia.



Figura 09, niño cosechando lechugas del sistema EET aguas grises.

Los estudios teóricos de la obra fueron fundamentales para el uso en la práctica y se introdujeron en esta Tesis, permitiendo el desarrollo de la práctica de manera más consistente, contribuyendo y generando una mayor confiabilidad para la ejecución de los proyectos.

La eficiencia del sistema:

Sobre la eficiencia de los sistemas de estanques de evapotranspiración, durante el desarrollo de la tesis se encontraran bastantes publicaciones abordando la eficiencia de los sistemas de evapotranspiración, por esta razón y por cuestiones financieras, como eran muy altos los costos para la realización de los ensayos, por el precio mismo de los ensayos, por la distancia que hay entre los sistemas y el laboratorio, se considero que no fue prescindible hacerlos. A continuación, algunos de los resultados obtenidos por Sistemas de Saneamiento que utilizan tecnologías similares:

Según Wastewater Gardens (2014), los EET presentan los siguientes resultados de purificación de las aguas residuales:

- 90-95% de reducción de la DBO (Demanda Biológica de Oxígeno)
- 90-95% de reducción de los TSS (Solidos en Suspensión)
- 45-80% de reducción del NTK (Nitrógeno amoniacal orgánico)
- 30-60% de reducción del PT (Fósforo)
- + de 98% de reducción de las bacterias fecales coliformes.

Los sistemas de EET, los mismos en climas más fríos, como lo del ejemplo abajo, hecho en Polonia, Kremplna atienden satisfactoriamente las exigencias de las autoridades sanitarias exigentes:

Parametros	Aguas entrantes	Aguas salientes	Valor exigido por las autoridades sanitarias
DBO5	55,0 mg O2/l	11,0 mg O2/l	40 mg O2/l
COD	88,0 mg O2/l	32,0 mg O2/l	150 mg O2/l
TSS	74,5 mg/l	49,5 mg/l	50 mg/l
Total N	73,7 mg N/l	24,6 mg N/l	30 mg N/l
Total P	7,2 mg P/l	2,0 mg P/l	5 mg P/l

Tabla: Ejemplo de resultado de purificación de una unidad de tratamiento WWG, (2014) Krempna, Polonia.

Para un país como Chile, que tiene una diversidad de climas, los EETs funcionarían perfectamente en todos estos. Del árido norte chileno hasta el clima frío y húmedo del sur. Como se demostró en el cálculo del área de las EETs tabla 03, Ficha informativa, Capítulo 03. Sin embargo, **cuanto más frío es el Clima, mayor será el área requerida por el sistema de saneamiento.**

Para climas cálidos, como Brasil y Australia, el área requerida es menor, abajo un ejemplo del resultado de purificación para una unidad de tratamiento en Birdwood Downs Homestead Derby Australia, WWG (2014).

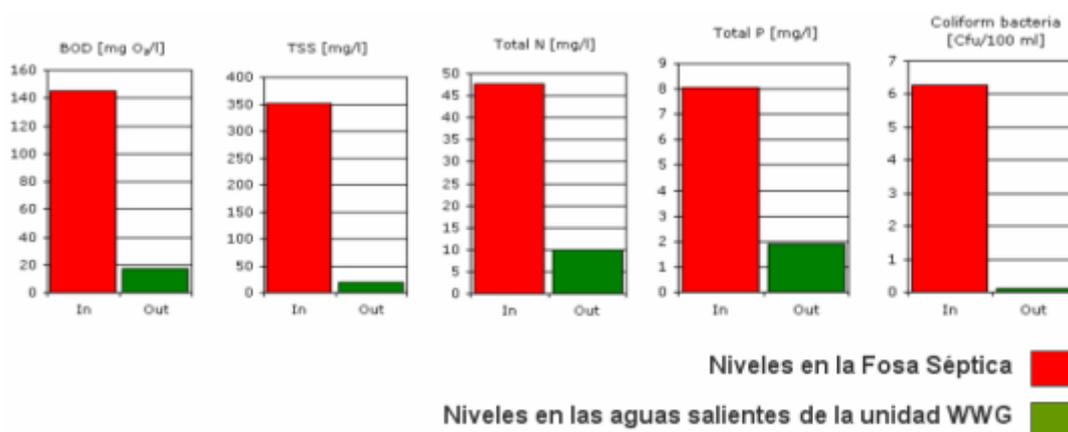


Imagen: resultados comparativos, fosa séptica X jardines filtrantes de aguas residuales.

La imagen ilustra que los sistemas EET purifican satisfactoriamente las aguas residuales, cambiando positivamente, todos los parámetros que fueron evaluados, de izquierda a derecha:

DBO, Sólidos Suspendidos, Nitrógenos, Fosforo y Coliformes fecales.

Área requerida para el sistema

Sin duda, el área requerida es uno de los factores limitantes para la popularización de los EETs, como los espacios disponibles para la implementación de sistemas de saneamiento en edificios son cada vez menores y más caros, estos dificultan la implementación de los EETs. Que requieren un área media de 2,5 m² por persona.

Mientras tanto, justamente los beneficios de los EETs, no solo responden a la obligación que tenemos de tratar nuestras aguas residuales y estar dentro de las exigencias sanitarias, sino también responden a devolver un jardín productivo y exuberante, integrado a la habitación, mejorando la calidad de vida y del ambiente. Estos beneficios hacen que los EET sean viables en la implementación incluso en mayor escala.

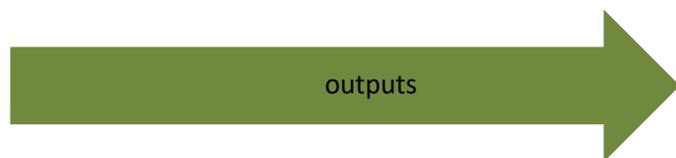
Según WWG (2014) han sido construidos sistemas de Jardines Depuradores de Aguas Residuales en el mundo, en edificios y también en áreas para ciudades con poblaciones de 10,000 a 20,000 habitantes, tratando así diariamente millones de litros de aguas residuales.

De hecho, para que la aplicación de EETs en mayor escala sea posible, tanto en edificios como en poblados es necesario un planeamiento previo, y la participación de **un equipo** multidisciplinar, que **contenga** arquitectos, urbanistas, ingenieros civiles, ambientales y sanitarios con una visión **sistémica** del proyecto, logrando la integración armoniosa entre las construcciones, los sistemas de saneamiento y las áreas verdes, no olvidando la imprescindible participación de los habitantes que van a vivir en estos edificios.

Para la utilización de EETs en larga escala, para poblaciones de más de mil personas, **es ideal** tener más de **un** estanque, siendo **estos** descentralizados, **y que permitan** reducir los **costos** y las distancias de bombeo y tubería, **así** bien como trabajando con la declividad natural.

Ventajas comparativas:





Sistemas	Características	Visión del responsable	Recursos utilizados	Recursos generados	Subproductos generados
Convencionales (fosa séptica)	baja eficiencia	Problema	Agua, desechos	Polución, enfermedades	Perdida de la calidad de vida y del medio ambiente
high tech	alta eficiencia en remoción de contaminantes, altos costos de implementación y manutención	Problema, necesidad de adecuación a legislación sanitaria	Dinero U\$, agua, energía	Cumplimiento de la legislación sanitaria	Poca alteración de la calidad de vida y del medio ambiente
Sistemas EETs	alta eficiencia en remoción de contaminantes, área requerida mayor, bajo costo de manutención	Oportunidad	Consumo del agua con nutrientes	Cumplimiento de la legislación sanitaria Creación de un área verde productiva	Flores, frutos y plantas comestibles. Mejora de la calidad de vida de las personas y del medio ambiente.

				Ahorro de agua y energía	

Mientras que el sistema de EETS necesite poca mantención en las estructuras, la **mantención de las vegetaciones debe ser periódica, para una mejor eficiencia del sistema.**

La elaboración de la ficha, talleres de saneamiento sustentables y visitas a sistemas de saneamiento ya hechos contribuyen en mucho, para un funcionamiento óptimo de los sistemas de saneamiento y deben ser usadas para desarrollar-se nuevas iniciativas de saneamiento ecológico.

Integración del sistema de Evapotranspiración con las edificaciones.

Otro punto a ser destacado en el sistema (EET) es que, a diferencia de los sistemas tradicionales en que el sistema de alcantarillado es un área infravalorada, de poca utilización, el sistema de evapotranspiración está integrado a las edificaciones, pudiendo ser un espacio de integración con la naturaleza, atrayendo a la flora y fauna local. Todavía la vegetación puede cambiar el microclima, tornándose más agradable, funcionando como una barrera de viento, en altas temperaturas ayudando a resfriar el ambiente local y hacer sombra.

Un otro aspecto positivo de esta interacción es que, las propias vegetaciones funcionan como los bio-indicadores del funcionamiento del sistema. Por ejemplo, si los usuarios del sistema, están utilizando detergentes u otros productos químicos muy concentrados, las vegetaciones no van soportar las altas concentraciones de químicos y van a estar con una mala apariencia, con hojas secas, arrugadas y coloración fuera del habitual. Por lo contrario, si las vegetaciones están con una buena apariencia, con floración y frutos, significa que el sistema está funcionando perfectamente.

Capítulo 6. Recomendaciones

Los Flow Forms pueden ser instrumentos complementarios muy buenos para lo que estamos utilizando en los sistemas de saneamiento, principalmente para sistemas de aguas grises, así

que sería bueno, no solo tener mayores estudios sobre la eficiencia de los Flow Forms, sino también sería conveniente, desarrollar iniciativas para que el sistema sea mejor difundido.

Como el clima es uno de los factores determinantes para la estimación del área requerida y para la eficiencia de los EETs, deberían realizarse estudios utilizando conceptos de living machines, en regiones de climas fríos, agregando invernaderos que podrían mejorar la eficiencia del tratamiento de aguas residuales.

Recomendaciones para la multiplicación de las EET'S en viviendas:

Uno de los temas más difíciles para la aplicación de sistemas de EETS no es tanto **la parte tecnológica, pero si la parte cultural**. Como apuntan Costa Filho, Bonin y Sattler (2000). Una vez que en las plantas de tratamiento de aguas residuales, las personas quieren deshacerse de sus residuos lo más rápido posible y no tienen la conciencia de lo que pasa con sus desechos, y sus impactos ambientales negativos, que sus desechos pueden estar generando para todo un recurso hídrico de utilización colectiva.

En los sistemas de tratamientos por evapotranspiración, las personas que lo utilizan, tienen una conciencia mayor y más íntima con la generación de sus desechos. **Transfieren un problema a un nivel global, para una solución local.**

Bibliografía

(según Guía de Referencias Bibliográficas ISO en www.ubiobio.cl/bibliotecas)

AL-GHAWAS S., & AL-MAZEEDI K., Health Aspect of Using Recycled Treated Wastewater in Crop Production. 2000. Disponible en: <http://hortsci.ashspublications.org/content/35/3/479.2.short>

BRUTSAERT,W. Evaporation into Atmosphere, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands,1982.

CALIXTO R. (2006), "Campo de partida. Educación ambiental y educación para el desarrollo sustentable: ¿tensión o transición?", en Trayectorias, año VIII, núms. 20-21, pp. 52-62.

CANAIS –SECO,T. DUARTE A.L. PERES,J. BENTES I. Avaliação do desempenho de sistemas de leitos de macrófitas no tratamento de águas residuais domésticas.

CARAZO, P. Las Aguas Residuales en la Arquitectura Sostenible, 2003.

CORAUCCI FILHO, B. et. al. Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbico e

CORTEZ, Juliana *et al.* Agrovila sustentável – Fazenda Cachim. In: IIENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES ECOMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 2001, Canela., RG. *Anais...* ANTAC,2001.

COSTA FILHO, BONIN Y SATTLER (2000) Tecnologias sustentáveis aplicadas as populações de baixa renda. In encontro nacional de tecnologias de ambiente construído, Salvador, Brasil (2000).

COSTA R.H.R. Lagoas de Alta Taxa de Degradação e de Aguapés no Tratamento Terciário de Dejetos Suínos. Universidad Federal de Santa Catarina. 1997.

CURT, M. D. (2005). Fitodepuración en humedales. Conceptos Generales. En *Manual de fitodepuración. Filtros de macrófitas en flotación.* (págs. 61-77). Madrid.

DAESCHLEIN G., Wastewater Treatment and microbiologic hygienization with constructed Wetlands and Reed beds.2003.

disposição controlada no solo. Rio de Janeiro: ABES, 1999.

ERCOLE L.A.S. Sistema Modular de Separação de águas residuárias domiciliares, Porto Alegre, Brasil, 2003

ESREY S. Ecological Sanitation, Agencia Sueca para Cooperación Internacional, SIDA, Estocolmo, 1998.

FERRI M. Fisiologia Vegetal. Editora Pedagógica y Universitária LTDA, São Paulo, Brasil, 1985.

FLOWFORMS, Disponible en: <http://www.flowforms.se/>

GRANT N., Reed Beds for the Treatment of Domestic Wastewater, 2001.

GUIA DO SANEAMENTO, 2000. Obtuvo via Internet. <http://www.aguaonline.com.br> , 2013.

HOFFMANN F. Implementação de Uma Pousada Utilizando os Princípios da Permacultura, Univali 2008.

HOLMGREN, D. "Princípios e caminhos da permacultura além da sustentabilidade" . Austrália: Holmgren Design Services, 2006.

HOLMGREN, David. Sustainable living at Meliodora "Hepburn Permaculture Gardens". A Case Study in cool Climate 1985-2005.

HOLMGREN, David. The essence of permaculture. Disponível em:

<http://www.holmgren.com.au/DownloadableFiles/PDFs/EssenceofPC3.pdf>>. [Acesso em: 3 abr 2007].

HOPKINS, R. the transition companiom. Making you community more resilient in uncertain times. 2011.

IPEC, 2013. Recuperado en 13 de junio de 2013, disponible en:

<http://www.ecocentro.org/en/vida-sustentavel/saneamento/>

INSTITUTO DE PERMACULTURA E ECOVILAS DO CERRADO, IPEC. Apostila do participante. Curso Bioconstruindo, Julho de 2006

KLIGERMAN, D. C. Esgotamento sanitário: de alternativas tecnológicas a tecnologias apropriadas - uma análise no contexto brasileiro. - UFRJ / IPPUR, 1995. 180 p.

LENGEN J. Manual del Arquitecto Descalzo, México 1981.

MARA, D. ; CAIRNCROSS, S. Directrices para el uso sin riesgos de aguas residuales y excretas em agricultura y acuicultura. Ginebra. (1990).

McCurdy T. Open Space as an air Resource Management Strategy Proceedings. National Urban Forestry Conference. EEUU 1980.

MILLER R. W. Urban Forestry: Planning and Managing Urban Greenspace. Prentice-Hall, Inc. EEUU 1980.

MOLLISON, B.; HOLMGREEN D. Permacultura Um. São Paulo: Editora Ground, 1983.

MOLLISON, B.; SLA, R. M. Introdução a Permacultura. 2.ed. Austrália: Tagari Publication, 1994.

NEBEL B. J. y WRIGHT R. Environmental Science: The Way the World Works. 5a Edición, Prentice Hall. Estados Unidos, 1996.

ONU- Habitat (2012) Programa de Las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos. Disponible en: www.unhabitat.org

OTTERPOHL R. Innovatives Technologies for Decentralized Wastewater Management in urban and peri-urban areas. Instambul, 2002.

PIEGEL, Murray R. Teoría y problemas de probabilidad y estadística. Madrid, McGraw-Hill, 1988. 372p. (Serie de compendios Schaum).

PIERÁRT, I. Diseño de un sistema híbrido de biodepuración en origen para aguas residuales domiciliarias 2012.

REBOUÇAS, A.C. Estratégias para se beber água limpa. In: O município no século XXI: Cenários e Perspectivas. São Paulo, Cepam ,1999. 199p a 215.

RIDDERSTOLP P. Introduction to greywater management. Estokholm Environment Institute, SEI Upsala, 2004.

ROSA, G, M.; PETRY, M,T.; CARLESSO,R. Disponibilidade, eficiência e racionalidade na utilização dos recursos hídricos. Revista ciência e Ambiente. P. 103-118.2000.

SANTOS V.; LIMA. L; L. Aplicabilidade do Efluente do sistema de lagoas de estabilização na irrigação de banana no sítio Barro Vermelho, Município de Barbalha-CE. Brasil 2012.

SAWYER R. Cerrando el Ciclo, Saneamiento Ecologico para la seguridad alimentaria. Agencia Sueca para Cooperación Internacional, SIDA, Tepóztlan, Méjico, 2006.

SILVA, J., TORRES, P., & MADERA, C. (2008). *Redalyc*. (2. 3.-3. Una revisión. Agronomía Colombiana, Ed.) Recuperado el 30 de Noviembre de 2011, de <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=180314732020>

UEHARA M.I. Et all, Operação e manutenção de lagoas anaeróbias facultativas. São Paulo . CETESB, 1989.

UNESCO. (2003). *World Water Assessment Programme, People and the Planet*. www.wateryear2003.org.

VON IGEL, W. Redefinición de La red de Monitoreo de Calidad de Aguas Subterráneas en el Vale del Aconcagua, Universidad del Chile, 1999.

VON SPERLING M,Princípios básicos de tratamento de esgoto. Belo Horizonte. Departamento de Engenharia sanitária e ambiental. UFMG. 1996.

WILKES, J. Flowforms: O poder rítmico da água, 2008.

WASTEWATER GARDENS (2014). Disponible en: www.wastewatergardens.com

YOUNGER, P.; HENDERSON,R. Synergistic wetland treatment of sewage and mine water: pollutant removal performance of the first full-scale system.2014.

Anexos

Soporte documentales.

Anexo A: Cartilla, Gestión sostenible del agua



ÍNDICE

Importância da H ₂ O.....	9
Entendendo o Ciclo Hidrológico.....	10
Á Água para um Habitante Sustentável.....	12
Aproveitamento de H ₂ O da Chuva.....	13
Saneamento Ecológico	16

"Não podemos ganhar essa batalha para salvar espécies e ambientes se não criarmos um forte vínculo emocional entre nós e a natureza, porque não iremos lutar para salvar o que nós não amamos."

(Stephen Jay Gould, 1991)

SOBRE O AUTOR

Foi na paixão por esportes aquáticos que o Eng. Ambiental Felipe Hoffmann encontrou a motivação para embarcar no desafio de se aprofundar no tema água e saneamento.

Felipe aprendeu a nadar desde criança e aos 9 anos encorajado pelo tio João Carlos aprendeu a surfar. Na busca das ondas fez amizades e conheceu alguns cantos do Planeta, como Nova Zelândia, Indonésia, África do Sul e Chile. Trabalhou como salva vidas no Brasil e instrutor de surf no Hawaii. Em 2006 descobriu o Kitesurf e a Permacultura, e depois de se graduar pela Univali (Itajaí/SC) se radicou em Ibiraquera/SC: "Um paraíso dos Esportes Aquáticos!"

Atualmente Felipe tem como hobby a instrução de Windsurf, Stand Up Paddle e Kitesurf, "Quero sempre levar pra água quem está ao meu lado!"

Como profissão Felipe presta consultoria na implantação de sistemas de saneamento ecológicos com tratamento local. Realiza oficinas no projeto familiar Morada Ekoa, recebendo estudantes que estão dispostos a aprender-fazendo, sistemas de saneamento ecológicos e projetos sustentáveis, além de palestras sobre o tema.

"Busco na admiração que tenho pelo elemento Água, a força para motivar e instruir mais pessoas a se importarem sobre o tema e mudarem suas atitudes, contribuindo para manutenção da qualidade de nossas águas, sejam elas rios, mares, lagos ou águas subterrâneas. A água sadia é fascinante, uma fonte de alegria, de contemplação, produz alimento e mata a sede da população!"



A água está presente em tudo, nós somos feitos de água. As células do nosso corpo são abarrotadas de água. Nosso cérebro e coração são compostos de 75% de água, o pulmão 86%, rim e sangue 83% e nossos músculos possuem 75% de água. A água como um recurso natural, mais que um solvente, combina componentes biológicos, físicos e químicos. É uma mistura de materiais orgânicos e inorgânicos

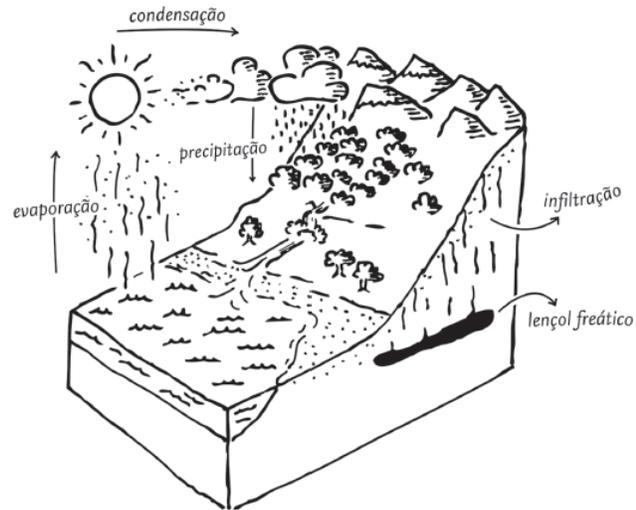
suspensos ou dissolvidos. Além de ser uma substância essencial para a vida através de suas múltiplas propriedades, é amplamente utilizada em atividades diárias, como a agricultura (69%), indústria (23%), uso doméstico entre outros, tornando-se um dos recursos mais populares do planeta. Estima-se que, para cada 1 Real investido em saneamento, se economizaria 4 Reais para o tratamento das doenças transmitidas pela água. Atualmente é nosso desafio disseminar a idéia de que a água é nosso bem mais

precioso, devemos ter clareza a respeito desse fato. A água é vida, para vivermos bem, com saúde precisamos cuidar do nosso principal recurso: **Água.**

ENTENDENDO O CICLO HIDROLÓGICO

A água está continuamente se movendo em forma de vapor, líquido e gelo. Esse ciclo da água existe na terra a milhões de anos, e permanece continuamente evaporando e precipitando novamente.

O sol é o elemento principal na reciclagem da água na Terra. No momento em que a água é esquentada pelos raios solares ela evapora, ficando no estado gasoso até as partículas se unirem e condensarem novamente. Nesse processo são formadas as nuvens, que ao ficarem pesadas, não podendo mais segurar a água, sucede a chuva, deste modo a água retorna para a superfície da terra.

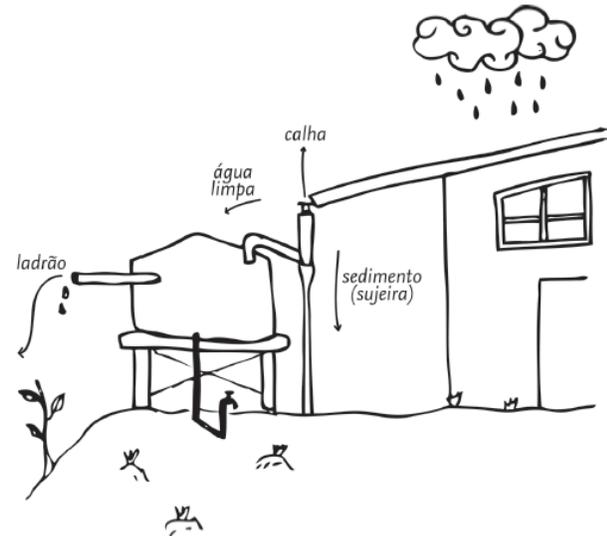


10

11

Os reservatórios podem ser comprados prontos, podendo ser uma caixa da água de fibra, PVC ou podem ser construídos em ferro-cimento, ou qualquer reservatório em que a pessoa tenha disponível, no entanto, é importante que o reservatório tenha uma tampa protegida do sol, e que fique bem fechada, assim evitamos a proliferação de mosquitos e também de algas. Caso a água do reservatório fique esverdeada é sinal de que o tanque está exposto à luz solar direta, devemos evitar essas algas, pois elas entopem o encanamento e prejudicam a qualidade da água coletada.

A dica na implantação de sistemas de captação de águas pluviais é planejarmos sistemas que não necessitem de bombas elétricas para direcionarmos a água, utilizamos a declividade natural. Assim podemos direcionar essa água para onde quisermos. Aproveitando-a para irrigarmos nosso jardim, no vaso sanitário, num chuveiro externo, na limpeza das residências, dos carros e bicicletas. Para fins potáveis podemos também utilizar essa água desde que passe por um sistema de filtragem mais eficiente. Um dos filtros mais eficientes que existem e de tecnologia brasileira, são os filtros de barro, que possuem filtros internos (velas) com carvão ativado.



14

15

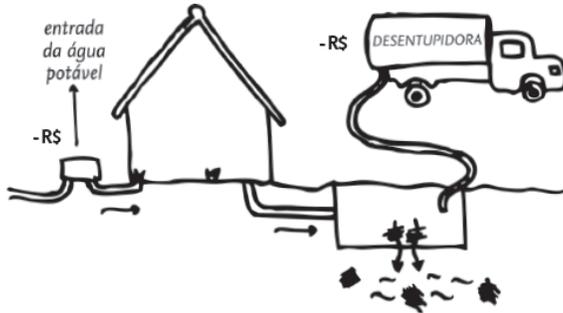
SANEAMENTO ECOLÓGICO

O sistema convencional gera perda de dinheiro e poluição da água

É trabalhado com a natureza por meio de técnicas e tecnologias sociais, que qualquer pessoa possa ter acesso. Assim sendo, não podemos complicar um tema em que a natureza executa com tanta perfeição. Sistemas com muitos aparatos elétricos estão fora desta

cartilha, pois demandam muita energia, altos custos de implantação e requerem mão de obra de terceiros para realizar a manutenção.

Os sistemas convencionais de fossa séptica são insustentáveis, pois não existe nenhum organismo que possa consumir a água sendo absorvida pelo solo e prejudicando as águas subterrâneas. O que ocorre é que com o tempo esse sistema enche de água de acordo com a utilização de seus habitantes ou por encharcamento do terreno, entope e por fim há um gasto financeiro para manutenção e esvaziamento dos tanques sépticos. Essa água é levada para uma estação de tratamento de esgoto que por fim é devolvida para um recurso hídrico com uma qualidade pior do que inicialmente essa água foi captada.



16

O CONCEITO DE CONTAMINAÇÃO E OS PRINCIPAIS CONTAMINANTES DA ÁGUA

Contaminarmos a água significa estar-mos colocando o excesso de um nutriente ou energia, que altera as qualidades da água, prejudicando os seres vivos e resultando em doenças para saúde humana.

As principais fontes de contaminação das nossas águas são: o esgoto doméstico, efluentes industriais e os resíduos de agrotóxicos que são levados com a chuva até os corpos d'água.

CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA RESIDUAL: O ESGOTO DOMÉSTICO COMO UM RECURSO

A água residual nada mais é o líquido que transporta inúmeras substâncias, orgânicas, inorgânicas e microorganismos eliminados pelo homem diariamente.

Cerca de 99,9% do esgoto doméstico é água e apenas 0,1% é sólido.

Analisando a composição das águas residuais domésticas é observado a quantidade total de fezes excretadas por um ser humano em um ano é de 25 a 50 kg, contendo o popular fertilizante NPK: 550g de nitrogênio, 180 g de fósforo e 370 g de potássio além de outros micronutrientes. Esses nutrientes são

excelentes nutrientes para plantas depois de passarem por um tratamento prévio.

Na cartilha dividiremos o esgoto doméstico em:

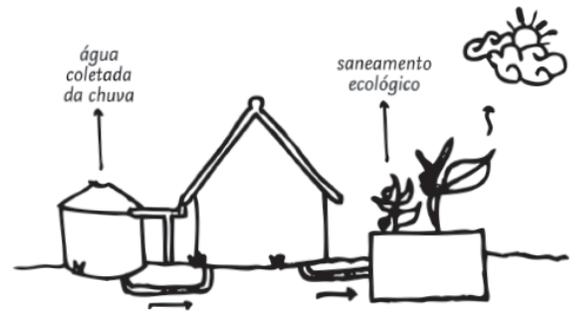
ÁGUAS CINZAS

São todas as águas provenientes de lavação exceto as águas do vaso sanitário. Como exemplos temos a água da pia do banheiro, a água do chuveiro, na cozinha a água da pia da limpeza das louças e na lavanderia a água da máquina de lavar. As águas cinzas são fáceis de reciclarmos. Ao contrário do que muitas pessoas pensam, elas não podem ser acumuladas por muito tempo, porque ao acumularmos essas águas, rapidamente as bactérias se reproduzirão, consumindo o oxigênio e gerando mau cheiro, favorecendo a criação de patógenos (seres causadores de doenças).

ÁGUAS NEGRAS

São as águas provenientes do vaso sanitário, precisam ser armazenadas para que ocorra a decantação e a decomposição anaeróbia.

18



É importante chamarmos profissionais da área, Eng. Ambientais Sanitaristas e Técnicos de Saneamento com experiência para implantarmos tais sistemas. O fator chave para determinarmos o local é o nível do lençol freático do local, que nunca pode estar a menos de um metro de profundidade dos sistemas de saneamento. Em hipótese alguma o sistema de tratamento pode se comunicar (chegar no mesmo nível) do lençol freático, pois além de estar contaminando o lençol freático, o sistema de saneamento trará sempre problemas para seus usuários, pois mesmo materiais como o concreto são porosos e com o tempo esse sistema sempre ficará cheio de água não funcionando corretamente.

Sistemas ecológicos sustentáveis buscam reutilizar as águas que consumimos, oferecem filtragem, tratamento e são absorvidas por plantas que consomem essa água. Desta maneira a água retorna ao ciclo natural de melhor qualidade do que ela inicialmente foi captada.

Permitem um tratamento simplificado e descentralizado do esgoto doméstico no local, admitindo a utilização dessas águas que seriam potenciais contaminantes, mas que em sistemas ecológicos, são usadas como nutrientes para a produção de cultivos. Estas plantas cultivadas fazem a evapotranspiração, retornando a água purificada para o ciclo hidrológico.

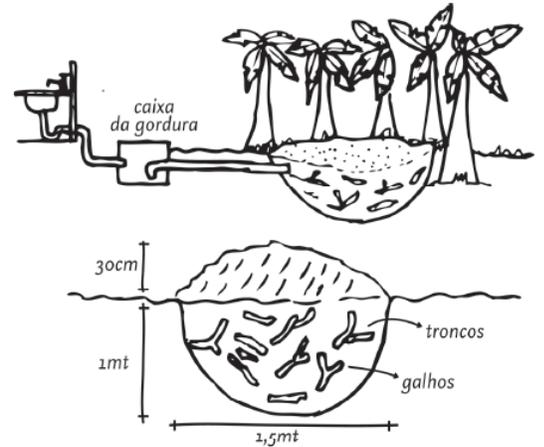
17

SOLUÇÕES DE TRATAMENTO PARA ÁGUAS CINZAS

CÍRCULO DE BANANEIRAS

Tratar estas águas é simples e eficaz, é importante passarmos primeiro por uma caixa de gordura, para reter os resíduos mais grosseiros, após a caixa de gordura existe um cano de 50 mm que leva por meio da gravi-

dade este líquido até um filtro com pedra e bananeiras, ocorrendo o tratamento final das águas cinzas por meio da assimilação das bananeiras ou de outro tipo de vegetação. É importante usarmos sabão que não tenham uma química tão forte, pois podem afetar as plantas utilizadas. Os sabões mais indicados são o de coco e os caseiros. Casos as pessoas usem detergentes devem usar numa concentração mínima possível.



19

BIOFILTROS

Utilizam a mesma técnica que o círculo de bananeiras onde é feito um filtro de pedras e na parte superior é colocado a vegetação que desejarmos, pode-se inclusive fazer uma horta, plantando num canteiro elevado.

TIPOS DE VEGETAÇÃO

« É possível consumir as frutas produzidas nos biofiltros e inclusive nas bacias de evapotranspiração para tratamento de águas negras »

Podemos utilizar uma diversidade muito grande de plantas para o tratamento das águas cinzas e negras. Bananeiras são as mais utilizadas, pois se adaptam bem as condições existentes nos biofiltros e nas bacias de evapotranspiração. Uma bananeira adulta chega a consumir 15 litros de água num dia. Maracujá também é uma ótima opção, absorvendo grande quantidade de água, também podemos utilizar, mamoeiros, junco e taboas além de espécies para fins mais ornamentais como as Helicônias (bico de papagaio), Papiros e Aguapés.

Basta usarmos a criatividade na escolha das plantas que embelezem a paisagem para

o saneamento ecológico, porém devemos ficar atentos em escolher plantas com raízes pouco profundas para que com o tempo não danifiquem a estrutura dos sistemas de saneamento. É possível consumir as frutas produzidas nos biofiltros e inclusive nas bacias de evapotranspiração para tratamento de águas negras. O que não podemos utilizar para sistemas de tratamento de águas negras são plantas como alface, rúcula e agrião que são plantas rasteiras, tendo contato direto com o efluente, assim poderia ocorrer algum tipo de contaminação, sendo um risco desnecessário.

Na literatura há anos vêm se pesquisando sobre a capacidade de fitorremediação das plantas (capacidade das plantas filtrarem e removerem poluentes) e certamente cada vez mais utilizaremos com segurança, soluções embasadas nestas propriedades naturais das plantas.

COMO FAZER SABÃO CASEIRO APROVEITANDO O ÓLEO DE COZINHA

Um litro de óleo colocado no ralo pode contaminar 10 mil litros de água potável, podemos reaproveitar o óleo de cozinha criando um novo produto, um sabão caseiro especial!

Ingredientes:

6 litros de óleo de cozinha
1 litro de álcool
1 litro de água
1 kg de soda

Obs: com muito cuidado, use luvas, não se aproximando muito e tendo cautela para não inspirar o conteúdo evaporado, manuseie os ingredientes num local aberto e ventilado.

Preparo:

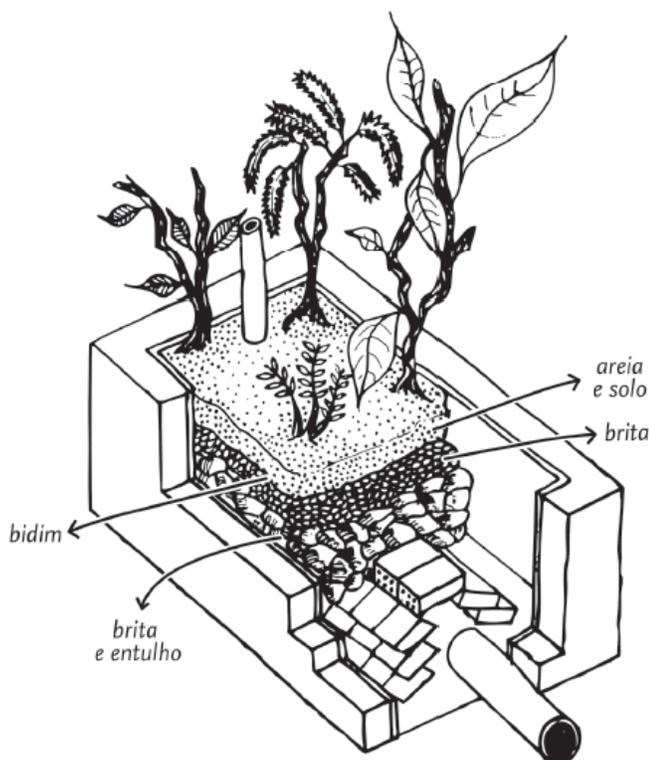
Misture o óleo com o álcool
Misture a água na soda.
Depois de diluir bem a água na soda, coloque o álcool com o óleo misturado, dentro do recipiente da soda e da água e mexa por cerca de 30 min. Sem parar. Feito isso coloque para secar e após 48 horas estará pronto para usar!! Este sabão pode ser usado na limpeza das louças e também se raspado pode ser usado na limpeza de roupas.

SOLUÇÕES DE TRATAMENTO PARA ÁGUAS NEGRAS

As águas provenientes do vaso sanitário precisam ser armazenadas para que ocorra a decantação e a decomposição anaeróbia.

BACIAS DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO E TANQUES BIO-SÉPTICOS

São sistemas de tratamento e reutilização de nutrientes dos efluentes do vaso sanitário. Estes sistemas foram criados por Tom Watson permacultor dos EUA, sendo adaptados por vários Permacultores brasileiros. São sistemas fechados, isto é, sem sumidouro (sem saída de água). Nestes sistemas ocorre a decomposição anaeróbia (digestão da matéria orgânica). A absorção de nutrientes e da água é feita pelas raízes das plantas. Os nutrientes são consumidos pelos sistemas através da incorporação da biomassa da planta e a água é evaporada, portanto, não há risco de contaminação do solo, nem problemas com microrganismos patológicos (causadores de doenças).



22

BANHEIRO COMPOSTÁVEL

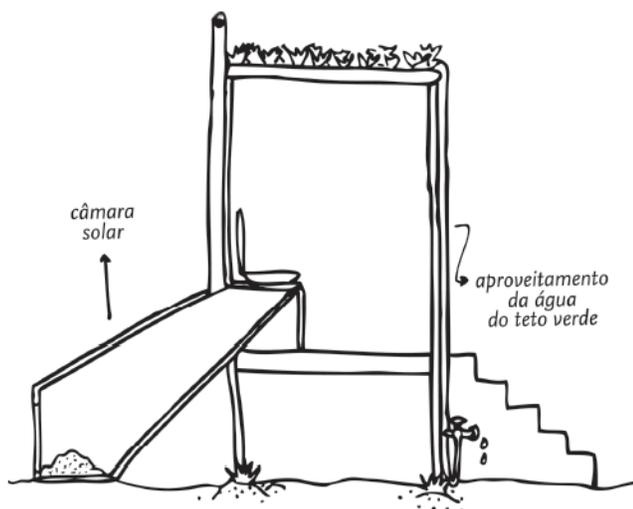
Os sanitários compostáveis secos são a melhor e mais barata opção para lidar com as fezes humanas em locais onde não há disponibilidade de água ou de tratamento sanitário de esgoto. Podem ser aplicados tanto em zonas rurais quanto em periferias urbanas. Esta tecnologia dispensa o uso da descarga e de tubulações de água. Necessitando apenas de uma adaptação cultural, habituando-se no adição de matéria orgânica seca (serragem), resultando na eliminação total de patógenos e na produção de húmus de alta qualidade para uso agrícola.

O banheiro compostável tem como vantagens:

- Não utiliza água
- Necessita de um mínimo uso de espaço
- Barato
- Eliminação máxima de patógenos
- Mais eficiente e higiênico que fossas

Características técnicas:

- Construção de alvenaria ou ferrocimento
- Design simples e adaptável a qualquer terreno
- Utiliza exaustor em termosifonamento
- Adiciona-se serragem para induzir a compostagem termofílica



25

“Apesar de estarmos num Mundo Dinâmico conectado na internet e de muita informação, estamos na inércia, de muito ver e pouco fazer. Espero que como a Água, essa cartilha seja um fluxo que movimente as pessoas com atitudes positivas para construirmos nosso legado, deixando um mundo melhor para nossos filhos e futuras gerações!”

(Felipe Hoffmann)

**BIBLIOGRAFIA E LEITURA
COMPLEMENTAR**

MOLLISON, B.; HOLMGREEN D. Permacultura Um. São Paulo: Editora Ground, 1983.

MOLLISON, B.; SLA, R. M. Introdução a Permacultura. 2.ed. Austrália: Tagari Publication, 1994.

AMARAL, M;BITTRICH, V. Laguinhos. Mini-ecossistemas para escolas e Jardins, 2002.

WILKES, J. Flowforms: O poder rítmico das águas, 2008.

LEGAN, L. Soluções sustentáveis: o uso da água na Permacultura, IPEC 2011.

RICIARDI, J; Dominot, T. Cartilha Permacultura.

www.moradaekoa.blogspot.com

Anexo B:

Encuesta con los usuarios de sistemas de bacías de Evapotranspiración:

Ubicación: _____

Descripción de la habitación, clima, recursos hídricos cercanos y la área útil disponible para el

sistema: _____

Tipo de habitación:

Residencial Comercial

Cantidad de

usuarios: _____

Descripción del sistema

utilizado: _____

Descripción de la región del

sistema: _____

Año en que el sistema ha sido

implementado: _____

Área ocupada pelo

sistema: _____

Área ocupada pela bacía de

evapotranspiración: _____

Área total do sistema por

habitante: _____

Área da bacía de evapotranspiración por

habitante: _____

Costo del sistema por área

implementada: _____

Costo de la BET unidad de área

ocupada: _____

Costo total del sistema por habitante

servido: _____

Tipo de vegetación

utilizada: _____

Ha sido hecho mantención en el sistema? _____

Algún problema presentado?
Cual? _____

Nivel de satisfacción de los usuarios (1-5) siendo 1 para totalmente insatisfecho y 5 para totalmente satisfecho ()

Por que busco el sistema de saneamiento ecológico BET?

Firma de la persona entrevistada _____

