

Avaliação Ambiental em Empresas de Transporte Rodoviário: Reuso de Água

Devanil Borges Junior, B. F. Giannetti e C. M. V. B. Almeida
Universidade Paulista – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção
R. Dr. Bacelar, 1212, São Paulo, SP, CEP 04026-002
junior.devanil@click21.com.br

Resumo

Neste estudo são examinados e avaliados processos utilizados na lavagem de veículos em diferentes empresas de transporte, utilizando como metodologia a análise emergética. Os processos convencionais são comparados a um processo alternativo, que visa obter ganhos ambientais, sem o comprometimento do lucro das empresas. Os estudos foram realizados em quatro empresas de transporte rodoviário (ônibus urbano e de turismo), onde foram comparados os processos de lavagem dos veículos com e sem reciclagem de água, enfocando respectivamente seus impactos ambientais.

Palavras Chaves: Reuso da Água, Lavagem de Ônibus, Emergia.

Introdução

O desperdício de água potável nas lavagens dos ônibus e os recursos gastos indevidamente para este fim não seguem à orientação do Conselho Econômico e Social das Nações Unidas [2], que sugere a utilização de águas de qualidade inferior para usos que as tolerem.

O processo da lavagem dos ônibus pode aceitar águas não potáveis [11], gerando uma pequena contribuição enquanto estratégia básica, para a solução do problema de falta universal de água.

Este artigo alerta para o grave problema da crise de água doce no mundo e compara empresas de transporte rodoviário (ônibus urbanos e de turismo) que utilizam processos convencionais para a lavagem de ônibus com empresas que, num processo alternativo, implementaram o reuso da água para este fim.

Nos processos convencionais de lavagem de ônibus, a única fonte de água utilizada é a água potável da rede pública ou de poços artesianos na sua maioria também água potável. O segundo sistema estudado utiliza um sistema de captação das águas pluviais em toda a área da empresa. Esta água captada é armazenada em um reservatório, sendo utilizada juntamente com a água retirada do poço artesiano na lavagem dos ônibus. Toda a água utilizada é captada e enviada para uma estação de tratamento de efluentes – ETE, para então ser novamente reutilizada na lavagem dos ônibus, fazendo com que se aproxime ao máximo de um ciclo fechado, sem que haja perda desta água.

Esta água também pode ser reutilizada em outras atividades da empresa, tais como: limpeza das dependências da propriedade, descargas dos banheiros, áreas de jardinagem e no combate contra incêndio.

As empresas que utilizam este processo de lavagem alternativo, de acordo com os representantes das empresas visitadas, economizam no consumo de água e no pagamento da taxa de esgoto, tornando-se assim, mais competitivas no mercado, apesar do investimento para fazer as adequações necessárias como obras civis, compra de equipamentos, monitoração da qualidade da água e manutenção do sistema.

Deve-se salientar a importância da conscientização para diminuir quaisquer outros tipos de desperdícios[11], bem como a advertência de que a água de reuso é imprópria para o consumo[8].

O objetivo deste trabalho é verificar se as empresas que utilizam o processo alternativo de captação de águas pluviais e de reuso da água, além de contribuir para a diminuição do desperdício da água doce e potável, têm também contribuição efetiva para o meio ambiente.

Descrição

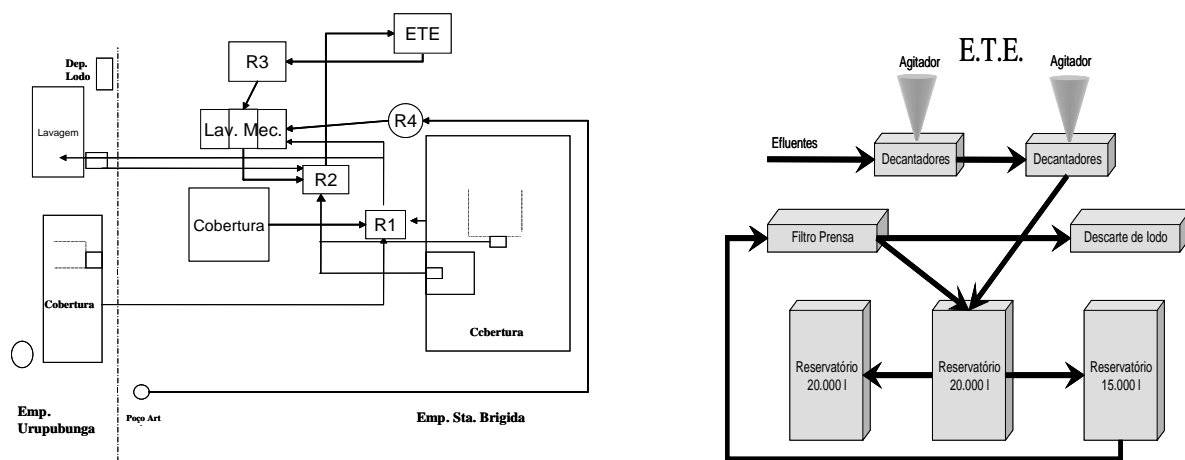
Para o estudo foram analisados os sistemas de lavagem de ônibus de quatro empresas de transporte, com o intuito de realizar uma comparação no que se refere ao uso da água.

Estes estudos desenvolveram-se nas empresas A, B ônibus coletivos urbanos, C e D de ônibus de turismo.

As empresas A e D são duas empresas distintas, com razões sociais independentes e exploram mercados também diferentes, mas por serem vizinhas, utilizam o mesmo sistema de lavagem e a mesma estação de tratamento de efluentes. Neste sistema de lavagem, elas utilizam recursos renováveis do ambiente, além dos recursos não renováveis e recursos da economia. Um dos recursos renováveis é a água de chuva, recolhida em um telhado, que é levada por condutores de águas pluviais do telhado até um reservatório de 150 mil litros. Outro recurso a considerar é a água captada após as lavagens dos ônibus, que é armazenada em outro reservatório de 150 mil litros, tratada na estação de tratamento de efluentes e novamente incorporada ao sistema de lavagem. A água de um poço artesiano é utilizada para completar as perdas do sistema.

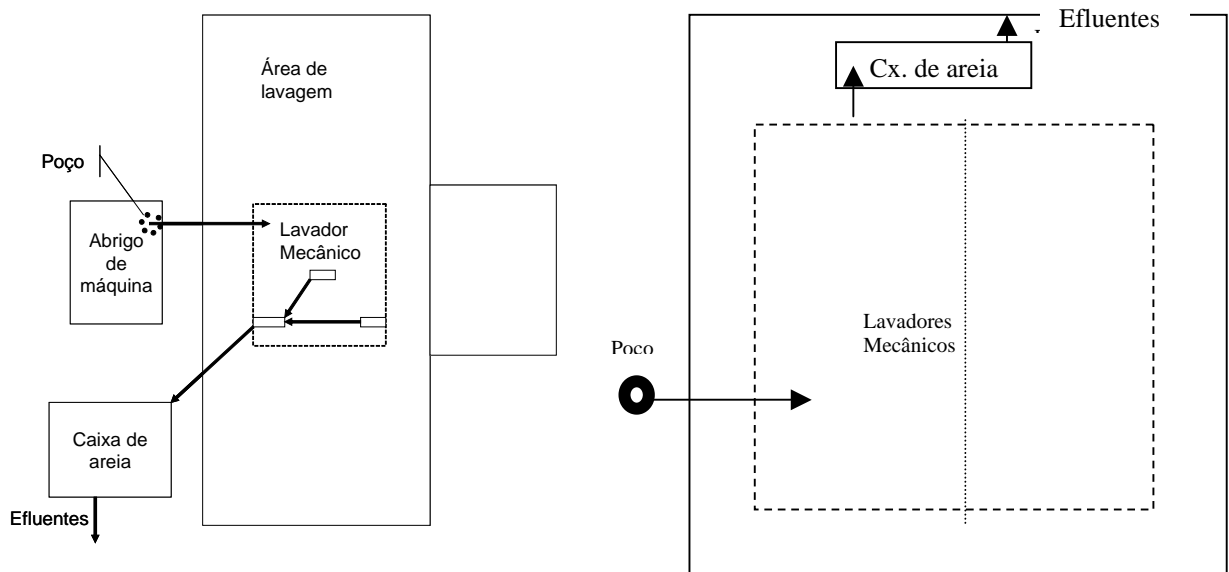
As empresas de ônibus B e C, não utilizam recursos renováveis em seus sistemas de lavagem, apenas água de poço artesiano.

Nas figuras 1 (a) e (b) e 2 (a) e (b) são apresentados os croquis de implantação das empresas, para uma melhor visualização dos sistemas de lavagens.



Figs. 1 (a) e (b)–Croquis de implantação e estação de tratamento de efluentes das empresas A e D

Neste estudo consideraremos que as empresas A e D formam uma única empresa, denominada empresa A, por utilizarem o mesmo sistema de lavagem e a mesma estação de tratamento de efluentes ETE, não havendo condição de dividi-las no que concerne à lavagem dos veículos, pois existe um único sistema. Desta forma, daqui por diante apenas citaremos apenas a empresa A, na qual está contida a empresa D.



Figs 2 (a) e (b) – Croquis de implantação das empresas B e C

Metodologia

A metodologia utilizada foi a contabilidade energética e seus indicadores.

O conceito de energia solar, ou simplesmente energia é a quantidade de energia necessária de forma direta ou indireta, para obter um produto e/ou serviço, num determinado processo, em unidade de joule de energia solar[10]. Em outras palavras, é a relação contábil entre a economia e o ambiente, relacionando recursos renováveis e não renováveis do ambiente e os investimentos econômicos.

Para que todos os dados estejam em seJ, é necessária que haja uma conversão, esta conversão é chamada de transformidade solar, que é a quantidade de energia solar empregada direta e/ou indiretamente na obtenção de um determinado produto. Uma vez determinada a transformidade de um certo número de produtos, torna-se possível calcular em cascata a energia solar indireta necessária para obter outro produto ou processo. A transformidade de um processo pode ser calculada pela equação:

$$(Tr_k = B_k / E_k = \sum_i Tr_i E_i / E_k)$$

Logo, a energia não é uma propriedade de estado. O mesmo fluxo ou produto pode ser obtido por diversos processos, especialmente os processos sob controle humano. Esses processos darão origem a diferentes transformidades para o mesmo produto.

A energia não é uma grandeza conservativa como a energia, a sua álgebra não segue a lógica da conservação, mas sim da “memorização”, isto é, a memória da energia ou energia total incorporada em um produto, processo ou serviço[10].

A energia é uma grandeza extensiva:

$$(B_k = \sum_i Tr_i \times E_i)$$

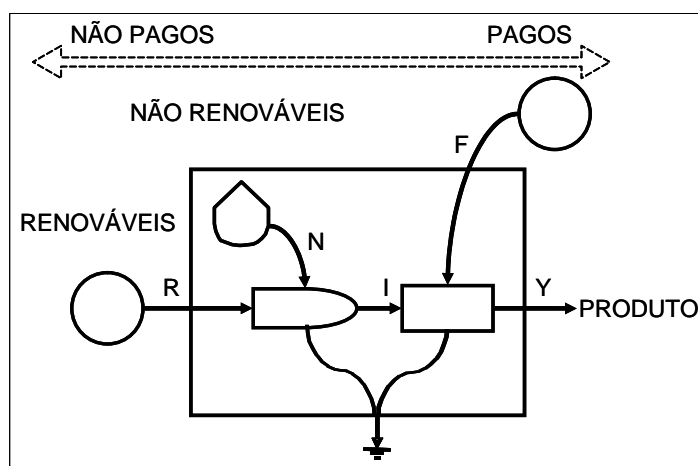


Figura 3 – Diagrama de fluxos energéticos, onde aparecem os fluxos de entrada de recursos renováveis (R), não-renováveis (N) e provenientes da economia (F) e o fluxo de saída do produto (Y).

A energia presente num fluxo de retro-alimentação não deve ser contada duas vezes no interior de um sistema. Essa regra também se aplica no caso de co-produtos que interagem em uma sucessiva transformação, a energia do produto final não é a soma das contribuições, mas o valor (comum) de um dos fluxos, pois os dois fluxos representam a convergência da mesma fonte, no mesmo local e no mesmo intervalo de tempo.

Deve-se evitar, também, a dupla contagem da energia de entrada quando, em um sistema natural, se considera a energia solar e aquela derivada da chuva e/ou vento. Como esses três fluxos de entrada são em realidade, o resultado da concentração e da variação no tempo da energia solar, Odum [10] sugere a contabilização da contribuição emergética de maior dos três componentes e não a soma deles.

Item	Transformidade	Unidade	Referências
Sol	1	sej J-1	Por definição
Evaporação	1,45E+05	sej g-1	[6]
Chuva tropical	1,57E+05	sej g-1	[6]
Água de poço	2,25E+05	sej g-1	[6]
Água de reuso	1,47E+06	sej J-1	Calculada
Motores e bombas	4,10E+09	sej g-1	[7]
PVC	5,87E+09	sej g-1	[7]
Produtos químicos	2,65E+09	sej g-1	[7]
Ferro e Aço	2,77E+09	sej g-1	[12]
Mão-de-obra	7,38E+06	sej J-1	[12]
Pedra	1,50E+09	sej g-1	[5]
Cobre	2,00E+09	sej g-1	[5]
Areia	1,00E+09	sej g-1	[10]
Borracha	4,30E+09	sej g-1	[10]
Energia elétrica	1,65E+05	sej J-1	[10]
Concreto	1,54E+09	sej g-1	[4]

Tabela 1- Transformidades ou energia por massa usada no estudo

O uso da contabilidade emergética permite a inclusão de todos os atributos no processo de avaliação da energia líquida[5]. São definidos como índices ou indicadores. São

eles: Rendimento emergético (EYR), Investimento emergético (EIR), Impacto ambiental (ELR), Índice de sustentabilidade (SI) e o Percentual de energia renovável (%R), e são calculados como demonstrado a seguir

$$\text{Rendimento emergético: } EYR = \frac{Y}{F} = \frac{R + N + F}{F}$$

$$\text{Investimento emergético: } EIR = \frac{F}{N + R}$$

$$\text{Impacto ambiental: } ELR = \frac{N + F}{R}$$

$$\text{Índice de sustentabilidade: } SI = \frac{EYR}{ELR} = \frac{\frac{Y}{F}}{\frac{N+F}{R}}$$

$$\text{Percentual de energia renovável: } \%R = \frac{R \times 100}{R + N + F} = \frac{R \times 100}{Y}$$

Neste artigo foi realizada a contabilidade emergética e utilizados os indicadores descritos acima, para tanto foram coletados todos os fluxos de entrada de cada um dos sistemas de produção que são divididos em renováveis (R), não-renováveis (N) e os fluxos provenientes da economia (F).

Em todas as empresas os fluxos de entrada dos processos produtivos dos sistemas foram divididos em duas etapas:

- fase de implantação
- fase de operação

Após a divisão, foram coletados dados de cada etapa, ou seja, os recursos diretos e indiretos empregados em cada fase.

Para o caso da lavagem de ônibus, com o intuito de realizar a comparação ambiental entre empresas de transporte, focando a contabilidade emergética, foram realizadas visitas técnicas em todas as empresas descritas anteriormente. Nestas visitas técnicas às empresas, foram observados e quantificados suas instalações e os seus procedimentos dos respectivos sistemas de lavagem dos ônibus. Foram esboçados croquis de implantação, onde foram quantificados todos os materiais, equipamentos, insumos e mão-de-obra para a implantação e operação do sistema.

As depreciações das edificações, instalações e dos equipamentos foram realizadas de acordo com a tabela do imposto de renda, assim foram estabelecidas a depreciação do concreto em 25 anos, equipamentos e instalações em 10 anos.

O número de ônibus de cada empresa foi adquirido por meio de questionário com os respectivos responsáveis do setor de manutenção das empresas, bem como o percentual dos ônibus em manutenção permanente e o percentual dos ônibus que circulam em dias úteis e de finais de semana. O tempo das lavagens dos ônibus foi quantificado por meio da média de 10 (dez), tempos coletados por cronômetro.

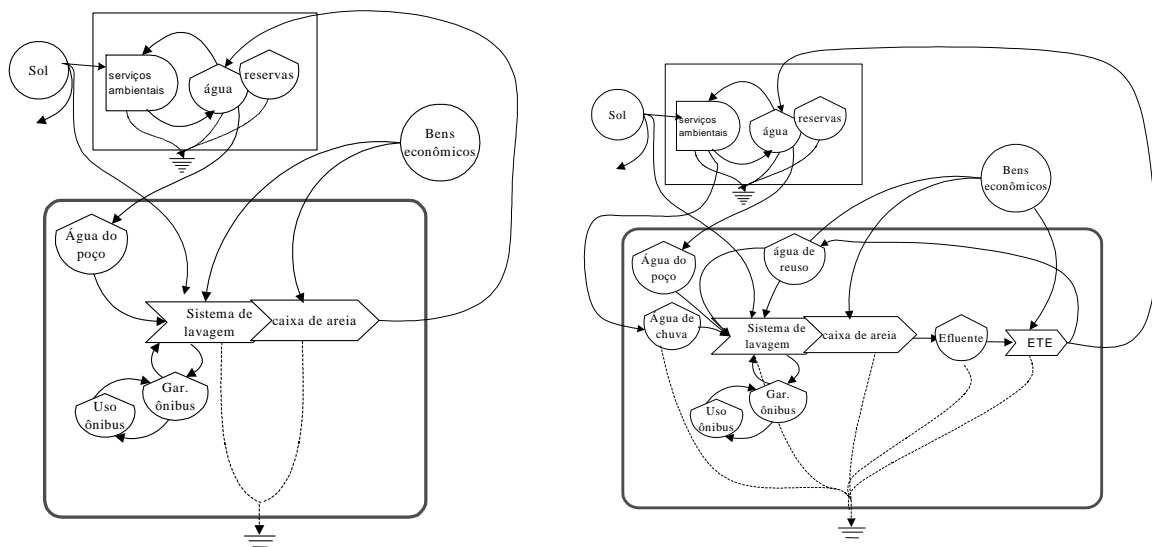
O consumo de água por lavagem foi quantificado através das vazões médias. Para a empresa que capta água de chuva, foi verificado o índice pluviométrico no período de 1 (um) ano com o auxílio de dados coletados no INPE. Este volume de água de chuva corresponde a 6,3% do total por um ano do volume de água utilizado pela empresa A. Em todas as empresas é consumida a água do poço artesiano. Nas empresas B e C, esta é a única fonte de água. Para a empresa A, a água do poço artesiano corresponde ao complemento de água do sistema. Este complemento corresponde a 13,7% para a empresa A, sendo que estes valores representam o percentual do número de lavagens de cada empresa do total de ônibus lavados em todo o sistema.

Para todas as empresas considerou-se que a água do poço artesiano seja recurso não renovável (N), pois para a cidade de São Paulo, a oferta de água é menor do que a demanda [9], e ainda a escala de consumo é muito maior do que a escala temporal para o ciclo hidrológico da água.

A quantidade de funcionários foi verificada através da observação durante as lavagens dos ônibus e com informações adquiridas junto ao responsável pela manutenção das empresas, que informou uma variação do número de lavagens em dias úteis e em finais de semana. A partir dessas informações foi quantificado o valor da mão-de-obra. Este valor leva em consideração as calorias para um indivíduo suprir suas necessidades por dia, vezes o número de dias trabalhados por ano e convertido em joule.

O consumo da energia elétrica foi quantificado por lavagem de ônibus levando em consideração dias úteis e dias de finais de semana sendo feita a conversão de kWh, em joule.

Nas figuras 6 e 7 apresentam-se os diagramas emergéticos na lavagem de ônibus no sistema convencional e no sistema alternativo de lavagem de ônibus:



Figs.4 (a) e (b) – Diagrama das empresas que não reutilizam recursos naturais e que reutilizam recursos naturais.

Resultados e Discussão

A tabelas 2, 3, 4 e 5 apresentam os resultados obtidos nos processos de lavagem de ônibus, em cada empresa estudada e a estação de tratamento de efluentes da empresa A .

Para a estação de tratamento de efluentes ETE da empresa A, foram levantadas todas as entradas para a fase de implantação e de operação do sistema, a ETE serve de suporte para a operação do sistema de lavagens da empresa A. Na ETE, todas as entradas, tanto na fase de implantação quanto operação, são recursos pagos, provenientes da economia, não havendo nenhum recurso proveniente do ambiente renovável ou não, o que gera uma energia total de $2,72E+16$ seJ. Dividindo este valor pelo o volume anual de água que entra na ETE, convertido em massa ($7,78E10$ g), e fazendo a conversão de seJ/g para seJ/J, teremos, a transformidade da ETE da empresa A, que é de $1,47E+6$ seJ/J. Esta transformidade da água de reuso é bem próxima a da calculada por Björklund e Geber [3], que é de $3,80E+6$ seJ/J.

Neste estudo utilizou-se a transformidade calculada que é de $1,47E+6$ seJ/J, pois os seus efluentes são bem peculiares, basicamente xampu e poeira, bem diferente da ETE calculada por Björklund e Geber [3], que se trata do esgoto da cidade de Swedish.

Estação de tratamento de efluentes da empresa A

Item	Descrição	Un.	Classe	Valor	TRANSF.	EMERGIA
Implantação						
						(sej/ano)
1	Concreto	g	F	3,53E+06	1,54E+09	5,43E+15
2	Motores e bombas	g	F	1,17E+04	4,10E+09	4,80E+13
3	Aço	g	F	6,23E+05	2,77E+09	1,73E+15
4	Cobre	g	F	1,85E+04	2,00E+09	3,70E+13
Operação						
5	Mão-de-Obra	J	F	3,82E+06	7,38E+06	2,82E+13
6	Energia Eletrica	J	F	5,32E+10	1,65E+05	8,78E+15
7	Produtos quimicos	g	F	4,20E+06	2,65E+09	1,11E+16
Energia total						2,72E+16

Tabela 2 – Estação de tratamento de efluentes da empresa A.

Sistema de lavagem de ônibus da empresa A

Item	Descrição	Un.	Classe	Valor	TRANSF.	EMERGIA
Implantação						
						(sej/ano)
1	Concreto	g	F	4,84E+07	1,54E+09	7,45E+16
2	Motores e bombas	g	F	6,12E+04	4,10E+09	2,51E+14
3	Aço	g	F	7,56E+06	2,77E+09	2,09E+16
4	PVC	g	F	6,60E+03	5,87E+09	3,87E+13
5	Borracha	g	F	4,27E+03	4,30E+09	1,84E+13
6	Cobre	g	F	5,70E+04	2,00E+09	1,14E+14
7	Água de poço	g	N	1,65E+10	2,25E+05	3,71E+15
Operação						
8	Sol	J	R	3,23E+14	1,00E+00	3,23E+14
9	Evaporação(vento)	g	R	4,14E+09	1,45E+05	6,00E+14
10	Água de poço	g	N	1,13E+10	2,25E+05	2,54E+15
11	Água de chuva	g	R	4,86E+09	1,57E+05	7,63E+14
12	Água de reuso	J	R	2,45E+11	1,47E+06	3,60E+17
13	Mão-de-Obra	J	F	5,27E+07	7,38E+06	3,89E+14
14	Energia Eletrica	J	F	2,46E+11	1,65E+05	4,06E+16
15	Xampu	g	F	3,87E+07	2,65E+09	1,03E+17
16	Areia	g	F	2,60E+06	1,00E+09	2,60E+15
Energia total						6,10E+17

Tabela 3 – Sistema de lavagem de ônibus da empresa A

Sistema de lavagem de ônibus da empresa B

Item	Descrição	Un.	Classe	Valor	TRANSF.	EMERGIA (sej/ano)
Implantação						
1	Concreto	g	F	3,39E+06	7,34E+08	2,49E+15
2	Motores e bombas	g	F	2,70E+04	4,10E+09	1,11E+14
3	Aço	g	F	5,65E+05	2,77E+09	1,57E+15
4	PVC	g	F	8,25E+03	5,87E+09	4,84E+13
5	Borracha	g	F	4,27E+03	4,30E+09	1,84E+13
Operação						
6	Sol	J	R	7,66E+13	1,00E+00	7,66E+13
7	Evaporação(vento)	g	R	8,51E+08	1,45E+05	1,23E+14
8	Água de poço	g	N	1,70E+10	2,25E+05	3,83E+15
9	Mão-de-Obra	J	F	1,98E+07	7,38E+06	1,46E+14
10	Energia Eletrica	J	F	6,09E+10	1,65E+05	1,00E+16
11	Xampu	g	F	2,11E+07	2,65E+09	5,59E+16
12	Areia	g	F	2,60E+06	1,00E+09	2,60E+15
Energia total						7,70E+16

Tabela 4 – Sistema de lavagem de ônibus da empresa B

Sistema de lavagem de ônibus da empresa C

Item	Descrição	Un.	Classe	Valor	TRANSF.	EMERGIA (sej/ano)
Implantação						
1	Concreto	g	F	9,32E+06	7,34E+08	6,84E+15
2	Motores e bombas	g	F	2,61E+04	4,10E+09	1,07E+14
3	Aço	g	F	1,61E+06	2,77E+09	4,46E+15
4	PVC	g	F	8,25E+03	5,87E+09	4,84E+13
5	Borracha	g	F	2,14E+03	4,30E+09	9,2E+12
Operação						
6	Sol	J	R	1,71E+14	1,00E+00	1,71E+14
7	Evaporação(vento)	g	R	1,75E+09	1,45E+05	2,54E+14
8	Água de poço	g	N	3,50E+10	2,25E+05	7,88E+15
9	Mão-de-Obra	J	F	2,64E+07	7,38E+06	1,95E+14
10	Energia Eletrica	J	F	1,24E+11	1,65E+05	2,05E+16
11	Xampu	g	F	2,11E+07	2,65E+09	5,59E+16
12	Areia	g	F	2,60E+06	1,00E+09	2,60E+15
Energia total						9,89E+16

Tabela 5 – Sistema de lavagem de ônibus da empresa C

No caso das lavagens de ônibus das empresas analisadas verificou-se que seus processos de lavagens de ônibus são bastante parecidos, no tocante ao desenvolvimento das distintas etapas do processo, bem como o esqueleto das instalações do sistema de lavagem.

A diferença entre as empresas está nos recursos renováveis, tais como o reuso da água e a captação de água de chuva em uma das empresas, pois todas as três empresas analisadas utilizam também água de poço artesiano.

Ao observarmos as tabelas dos sistemas de lavagens das três empresas podemos notar que na tabela 3 (Empresa A), há uma parcela considerável de recursos provenientes do ambiente renováveis ou não, enquanto que nas tabelas 4 e 5 (Empresas B e C), estes valores são menores. O diferencial se dá justamente no reuso da água.

A seguir mostra-se uma tabela com a contabilidade emergética e os índices das três empresas, para poder melhor ilustrar os ganhos ambientais. Onde o valor da energia total na empresa A esta considerando a soma da energia do sistema de lavagem mais a energia da ETE da empresa A.

Empresas	EYR	EIR	ELR	SI	%R	Energia Total
A	4,88	0,26	0,27	18,33	78,98	6,37E+17 seJ
B	1,06	18,12	383,83	0	0,26	7,70E+16 seJ
C	1,09	10,92	231,92	0	0,43	9,89E+16 seJ

Tabela 6 – Indicadores ambientais

Segundo Brown e Ulgiati [5] altos valores de EYR indicam bom aproveitamento dos recursos locais.

Como o valor do EYR da empresa A é alto, indica que ela se torna mais competitiva do que as demais empresas.

O investimento emergético (EIR) valora se o processo é um bom utilizador do investimento efetuado pelo sistema econômico, em confronto com processo alternativo.

Se o valor de EIR é alto, o índice de investimento indica que o processo será competitivo no mercado, pois poderá ter um custo inferior, já que recebe um maior percentual de entrada emergética gratuita do meio ambiente com relação ao processo concorrente. Contudo, processos com valor menor a um ($I > F$) exploram uma menor porcentagem dos recursos, com relação a sua possibilidade. A tendência, nesse caso, será aumentar a entrada da economia, elevando o valor do índice, porém mantendo um valor competitivo com relação ao processo alternativo. Isso foi o que ocorreu na empresa A, investindo recursos econômicos em sua infra-estrutura o que a deixou competitiva em comparação com as empresas B e C.

O índice do impacto ambiental (ELR) pode proporcionar informações adicionais do EYR. Ele expressa o uso dos serviços ambientais pelo sistema. Os serviços ambientais são medidos como a energia desta porção R do ambiente que é utilizada. Quando o valor do ELR é baixo, há um pequeno stress ambiental. Ao contrário, quando o valor do ELR aumenta, desta forma acontece um grande stress ambiental[5].

Observando a tabela 6, notamos que o valor de EYR para a empresa A é o maior das três empresas, enquanto que o valor de ELR é o menor, tendendo a 0 (zero), já nas outras duas empresas (B e C), os valores de EYR são baixos e os de ELR são muito altos, demonstrando um forte stress local..

Como estamos interessados em alcançar a mais alta proporção de rendimento, versus o mínimo impacto ambiental, uma medida desta habilidade é oferecida pelo índice emergético de sustentabilidade (SI) que é uma medida que agrega o rendimento e a carga ambiental.

Segundo Brown e Ulgiati [5] valores de SI menores que 1 são indicativos de produtos ou processos que não são sustentáveis em longo prazo. Sistemas com valores maiores que 1 indicam produtos e processos que dão contribuições sustentáveis para a economia. Sustentabilidade em médio prazo pode ser caracterizada por um SI entre 1 e 5, enquanto produtos e processos com sustentabilidade em longo prazo têm SI maiores.

Para as empresas B e C, o índice de sustentabilidade é igual a zero, indicando ser insustentáveis em longo prazo, enquanto que a empresa A possui um índice de sustentabilidade de 18,33, o indica ser sustentável em longo prazo.

Somente processos que possuem um alto valor de porcentagem de energia renovável são sustentáveis.

Novamente, a empresa A destaca-se entre as demais pelo seu alto percentual de energia renovável (%R), estando de acordo com o protocolo de Kyoto, que estabelece que até 2010, o uso de fontes de energia renováveis alcance 10 % [2].

Concluimos que, quanto mais utilizarmos recursos renováveis, melhor será para as empresas, que se tornarão mais competitivas e melhor para o ambiente [1], que não sofrerá um stress ambiental, mesmo investindo inicialmente, recursos provenientes da economia para uma melhor infra-estrutura, tornando-se sustentáveis e de acordo com uma política baseada na Ecologia Industrial.

Referências Bibliográficas

- [1] ALLENBY, B,R, “Industrial Ecology: Policy Framework and Implementation”, Prentice Hall, New Jersey (1999).
- [2] BRAGA, B, et al, “Introdução à Engenharia Ambiental”, São Paulo, Prentice Hall, (2002)
- [3] BJÖRKLUND J.; GEBER U.; RYDBERG T., Emergy analysis of municipal wastewater treatment and generation of electricity by digestion of sewage sludge, Resources, Conservation and Recycling, 31 (2001) 293-316.
- [4] BROWN M. T.; BURANAKARN V.; Emergy indices e ratios for sustainable material cycles options, Resouces Conservation & Recycling, 38 (2003) 1-22.
- [5] BROWN M. T.; ULGIATI S., Emergy Evaluations and Environmental Loading of Electricity Production Systems, J Cleaner Prod, 10 (2002) 321-334.
- [6] BUENFIL A. A.; Emergy Evaluantion of Water, Thesis of Doctor, University Florida, (2001).
- [7] GEBER U.; BJÖRKLUND J., The relationship between ecosystem services and purchased input in Swedish wastewater treatment systems – a case study, Ecological Engineering, 18 (2001) 39-59.
- [8] HESPANHOL, I.; Potencial de Reuso de Água no Brasil: Agricultura, Indústria, Municípios, Recarga de Aquíferos, RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v 7 n°4 (2002), 75-95.
- [9] MILARÉ, E “Legislação Ambiental do Brasil”, São Paulo, Edições APMP, (1991).
- [10] ODUM H.T., “Environmental Accounting – EMERGY and Environmental Decision Making”, Ed. John Wiley & Songs Ltd., (1996), 370
- [11] SILVA B. A., “Contabilidade e Meio Ambiente: Considerações teóricas e práticas sobre o controle dos gastos ambientais.”, São Paulo, Annablume Editora, 2003.
- [12] ULGIATI S.; ODUM H.T.; S. BASTIANONI; Emergy use, environmental loading and sustainability An emergy analysis of Italy, Ecological Modelling, 73 (1994) 215-268.