
Aproveitamento do metano do gás de esgotos em veículos (*)

EULÍCIO B. CAMARGO (**)

A SABESP, dentro do Plano Nacional de Saneamento — PLANASA responsável pelo abastecimento de água e tratamento de esgotos no estado de São Paulo, opera, há anos, duas grandes estações recuperadoras da qualidade de águas em São Paulo, na Vila Leopoldina e em Pinheiros. Estas estações de tratamento primário de esgotos, possuem modernos bio-digestores anaeróbios para tratamento do lodo, produzindo como sub-produto o gás de esgoto, em volume considerável e de valor energético ponderável.

O gás de esgoto assim disponível, foi objeto de vários estudos para seu aproveitamento racional principalmente como combustível para fins industriais. Em 1979, entrou em funcionamento a Usina Piloto de Agregado Leve para construção civil, utilizando lodo digerido de esgoto, como matéria-prima. Para secar e sinterizar este lodo é utilizado uma parte do gás produzido.

Outros estudos foram feitos para utilização do gás de esgoto, tais como:

(*) Trabalho baseado na palestra proferida no II Congresso Brasileiro de Energia, Saneamento e Meio Ambiente, para o qual foram utilizados dados levantados pela SABESP e fornecidos pelo IPT e consultores.

(**) Engenheiro-chefe do Departamento Eletromecânico da SABESP.

geração de energia elétrica para as próprias estações de tratamento, combustível e matéria-prima para uso industrial, gás doméstico, além de aplicações diversas.

O crescente aumento dos custos de combustíveis líquidos nos últimos anos, motivou a SABESP a estudar alternativas para aproveitamento do metano contido no gás de esgoto. As análises econômicas indicaram claramente a conveniência do seu emprego como energia substitutiva em veículos de empresa.

Com uma frota própria considerável, de 2400 veículos, e com previsão de abastecimento em locais definidos operando predominantemente a curtas distâncias, o metano se mostrou técnica e economicamente viável para todos os modelos dos veículos dessa frota cativa.

A experiência no exterior, onde há crescente utilização do metano em veículos convertidos para seu uso, demonstrou ter sido atingido alto grau de segurança e economicidade, resultantes de uma tecnologia já consagrada.

A falta de experiência nacional e a necessidade de alcançar resultados práticos dentro do menor prazo possível, induziu a SABESP a estabelecer um programa de ação para desenvolver tecnologia nacional para purificar o gás de esgoto inaproveitado produzido em suas instalações.

e, ao mesmo tempo, converter seus veículos ao uso do gás metano assim obtido. Para atingir esses objetivos, foi contratado o Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo — IPT, através de sua Divisão de Engenharia Mecânica — Agrupamento de Engenharia Térmica.

Os trabalhos se desenvolveram em duas frentes a saber:

- a) Unidade Piloto de Purificação e Compressão de Gás de Esgoto.
- b) Conversão de veículos para uso de metano comprimido e gasolina.

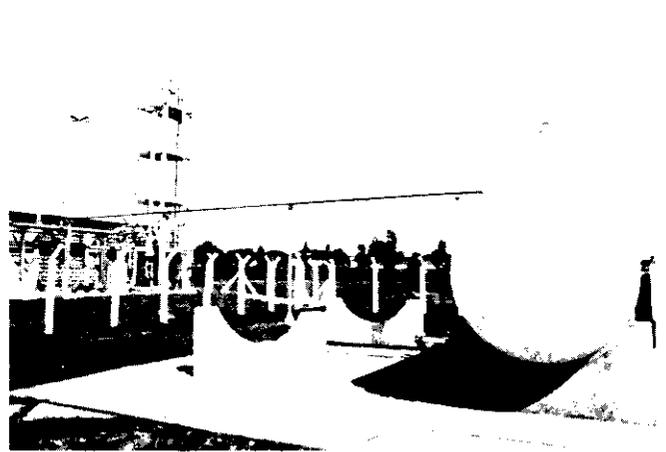
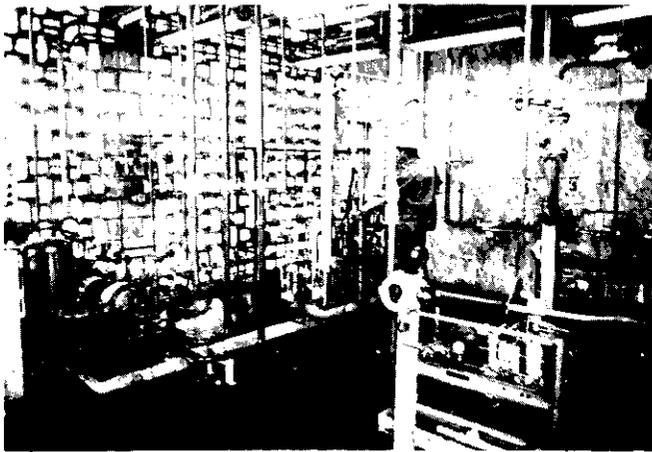
Os seus resultados são descritos a seguir.

1. UNIDADE PILOTO DE PURIFICAÇÃO E COMPRESSÃO DE GÁS DE ESGOTO

A Unidade Piloto de Purificação e Compressão de Gás de Esgotos, construída junto à Estação Recuperadora da Qualidade de Águas de Leopoldina, foi totalmente projetada, pelo I.P.T. e construída pela SABESP.

Durante a fase inicial dos estudos a SABESP contou com a colaboração da Companhia de Saneamento do Paraná — SANEPAR que também estava desenvolvendo estudos e pesquisas sobre o mesmo assunto, ocasião em que se firmou um convênio de colaboração técnica entre a SABESP e SANEPAR.

Os dados básicos do projeto foram:



- Composição do gás de esgotos disponível (% ou volume, base seca).

CH₄ (metano) 67,2%
 CO₂ (dióxido de carbono) 32,6%
 O₂ + N₂, H₂S (oxigênio, nitrogênio, gás sulfídrico) 0,2%

Este gás, ao sair do bio-digestor, se apresenta saturado de água à temperatura ambiente.

- Obter gás purificado e comprimido a 200 atmosferas, com a composição em volume, base seca de:

CH₄ 96%
 CO₂ 4%

- Capacidade nominal da unidade piloto: 600 Nm³/dia (ou 1.000 Nm³/dia sem unidades reservas).

Três sistemas básicos compõem a Unidade de Purificação e Compressão de Gás de Esgotos:

1.1 – SISTEMA DE BAIXA COMPRESSÃO: DO GÁS IMPURO, DE PURIFICAÇÃO QUÍMICA E SECAGEM E ARMAZENAMENTO DE GÁS PURIFICADO.

1.2 – SISTEMA DE ALTA COMPRESSÃO DE GÁS PURIFICADO.

1.3 – SISTEMA DE ABASTECIMENTO DO VEÍCULO.

Descrevemos abaixo os sistemas enunciados:

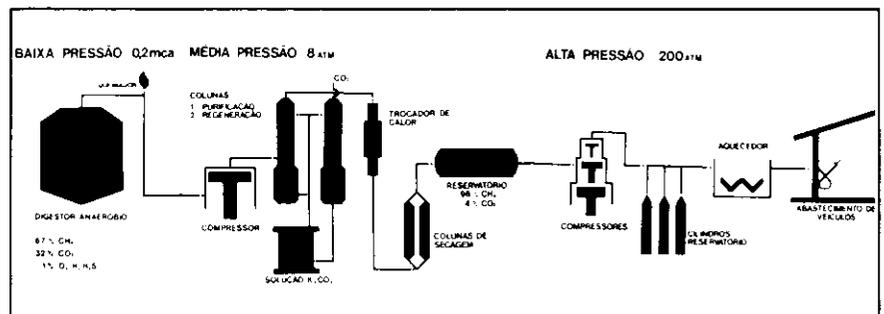


Figura 1.

1.1 – O sistema de baixa compressão do gás impuro tem como finalidade captar o gás proveniente do digestor anaeróbico (pressão de 0,2 m.c.a.) filtrá-lo, comprimí-lo de tal modo a fornecê-lo a uma pressão regulada de 8 Kg/cm² ao sistema de purificação.

A purificação química do gás objetiva remover o gás carbônico (CO₂) do gás proveniente do digestor. A capacidade deste sistema é pré-fixada em 25 Nm³/h, porém poderá ser ampliada para 50 Nm³/h com pequenas alterações.

A purificação do gás é química e consiste basicamente em passar o gás impuro em uma coluna de absorção que recebe carbonato de potássio a quente (K₂CO₃) e que absorverá o gás carbônico.

Uma segunda coluna, a coluna de regeneração, liberará o gás carbônico (CO₂) para a atmosfera regenerando o carbonato de potássio (K₂CO₃) para ser novamente utilizado.

O sistema de secagem e armazenamento do gás purificado consiste em reter a umidade do gás saturado de água, obtido da coluna de purificação, com um mínimo de CO₂ pressão de 8 ATM e temperatura de 50°C. Para tanto esse gás é circulado por colunas em presença de sílica gel onde se processa a retenção da umidade. O gás seco resultante é armazenado em reservatório intermediário de 15 m³.

1.2 – O sistema de compressão do gás purificado, a alta pressão, consiste na compressão do gás puro e seco, proveniente do reservatório de 15 m³, a 200 atmosferas por meio de compressores de pistão, isento de óleo ("oil-less"), de três estágios. Esse gás comprimido, é armazenado em 40 cilindros de aço, na pressão de 200 atmosferas. Os cilindros têm capacidade de 50 litros hidráulicos e se acham interligados e posicionados junto ao sistema de abastecimento.

1.3 – O sistema de abastecimento utiliza o gás proveniente dos 40 cilindros que alimentará o reservatório de gás do veículo, por diferença de pressão, uma vez que no veículo a pressão será limitada a 180 atmosferas.

A passagem do gás a 200 atmosferas para o reservatório do veículo poderá causar um congelamento das canalizações e mangueiras de abastecimento, o que é evitado intercalando-se uma unidade de aquecimento por resistência elétrica, imersa num tanque com água envolvendo a tubulação alimentadora do gás.

O abastecimento do veículo é feito empregando-se uma mangueira que, na extremidade que se liga ao sistema de gás instalado no veículo, é provida de um engate rápido com dispositivo de segurança.

2. CONVERSÃO DE VEÍCULOS PARA USO DE METANO COMPRIMIDO E GASOLINA

2.1 - A CONVERSÃO A METANO DE VEÍCULOS CONVENCIONAIS CONSISTE DE CINCO COMPONENTES BÁSICOS:

- cilindros de aço para armazenagem de gás metano comprimido a 180 atmosferas. Em automóveis, empregam-se de 2 a 3 cilindros com capacidade de 20 a 30 l; em pick-ups de 2 a 4, e em caminhões, de 2 a 8 cilindros;
- conjunto de redução de pressão e dosador, que leva o metano de 180 atmosferas até a pressão atmosférica, e dosa a quantidade de metano conforme a vazão de ar, mantendo constante a relação ar/combustível;
- misturador de metano com ar que é adaptado ao carburador "original" gasolina e/ou álcool;
- seletor de combustível (gasolina ou metano) e sistema de válvulas de controle dos combustíveis;
- conexão para abastecimento com metano.

2.2 - O ABASTECIMENTO E QUEIMA DO METANO COMO COMBUSTÍVEL EM VEÍCULOS COM MOTORES A EXPLOÇÃO SE PROCESSA DA SEGUINTE FORMA:

- O abastecimento do metano nos veículos é providenciado por simples transferência dos cilindros do

posto de abastecimento a 200 ATM para os cilindros dos veículos a 180 ATM, mediante conexão da ponta da mangueira do sistema de enchimento de gás em peça fêmea localizada no veículo. A ponta de enchimento tem furacão radial, para eliminar a possibilidade de ocorrência de "chicoteamento" pelo eventual escape de gás a alta pressão já desconectada com a válvula aberta, sendo provida de dois anéis do tipo "O-ring" visando a perfeita vedação. A conexão de enchimento do veículo é protegida por um disco de ruptura que evita o abastecimento do metano no caso da estação de enchimento estar com sobrepressão.

O sistema elétrico do veículo é mecanicamente desligado pelo acionamento de um "micro switch" quando a ponta da mangueira de abastecimento é conectada na "fêmea" do sistema de gás do veículo.

No sistema de gás dos veículos cada cilindro é provido de uma válvula de fechamento para possibilitar a verificação ou manutenção eventual. Os cilindros são interligados formando uma galeria em cuja saída é montada uma válvula de bloqueio rápido do tipo esfera. A galeria de alta pressão é protegida por discos de ruptura com elemento fusível, que protegem os cilindros e as linhas contra excessos de pressão ou temperatura.

Quando o compartimento dos cilindros tem comunicação com o compartimento de passageiros ou fica em compartimento fechado, a saída dos cilindros e as conexões de

alta pressão são envolvidas por um saco plástico impermeável com respiro para a atmosfera. Esta medida de segurança visa evitar a possibilidade de vazamento de gás para o compartimento de passageiros ou o acúmulo de gás em compartimento fechado.

Uma tomada de pressão na galeria dos cilindros aciona um "isolador" de manômetro que transmite a pressão a uma linha de graxa até o manômetro no painel. Este sistema elimina a possibilidade de vazamento de gás para o compartimento dos passageiros.

- O gás dos cilindros é conduzido por tubulações de alta pressão ao regulador e dosador que promove o abaixamento da pressão em três estágios e a dosagem da quantidade correta de metano a ser misturada com o ar. Este dispositivo alimenta o motor através de um tubo chanfrado colocado na garganta do venturi do carburador, onde se processa a mistura com o ar. O regulador/dosador é comandado pelo vácuo do venturi e pelo coletor de admissão.

Para assegurar o uso tanto de gasolina como de metano característica "DUAL" (combustível duplo) dos veículos convertidos pela SABESP, existe no painel um seletor de combustíveis ligado eletricamente ao sistema para comando remoto. Esse dispositivo de quatro posições (gasolina, gasolina-gás, gás e gás - gasolina) opera da seguinte forma:

- na posição "gasolina", uma válvula solenóide, localizada no alimentador desse combustível para o carburador, mantém-se aberta, possibilitando o seu fluxo e conseqüente funcionamento do motor. Nessa mesma posição uma outra válvula solenóide na linha de baixa pressão de gás se mantém fechada impedindo seu fluxo para o carburador.
- Na posição "gasolina-gás", a válvula solenóide do alimentador de gasolina fecha interrompendo o seu fluxo. O motorista deve aguardar alguns segundos para que o combustível líquido existente na cuba do carburador seja todo consumido evitando assim o afogamento do motor. Gira em seguida o seletor para posição "gás", possibilitando a abertura da válvula solenóide de gás, sem interromper o seguimento do veículo.
- Na posição "gás", a válvula solenóide de gás mantém-se abe

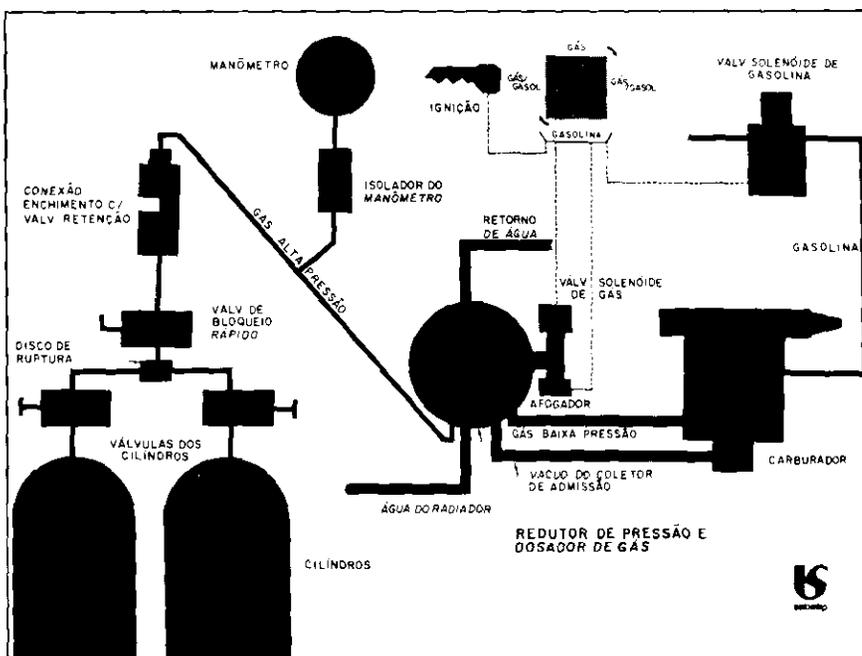


Figura nº 2.

ta permitindo o fluxo desse combustível. Em contraposição, a válvula solenóide do sistema de alimentação de gasolina mantém-se fechada interrompendo seu fluxo.

- Finalmente na posição "gás-gasolina", mantém-se aberta a válvula solenóide do gás e abre-se a válvula solenóide de gasolina para encher a cuba do carburador. Ao perceber que o motor vai afogar, pois a cuba está enchendo, o motorista gira para a posição "gasolina", sem interromper o seguimento do veículo.

3. PRINCIPAIS VANTAGENS DO METANO

3.1 – SEGURANÇA

a) Sendo o metano menos denso que o ar (densidade relativa cerca de 0,65), havendo qualquer vazamento de gás, o mesmo sobe e dissipa-se na atmosfera, não se derramando como no caso dos outros gases e líquidos combustíveis mais pesados.

b) Transportado sob pressão (cerca de 200 atmosferas) em cilindros de aço, os reservatórios são muito mais resistentes do que os dos outros combustíveis, o que os torna também mais seguros em caso de acidentes. Recente estudo da "American Gas Association", analisando os 280 milhões de quilômetros percorridos por frotas de metano, mostrou que não houve mortes nem ferimentos que pudessem ser atribuídos a veículos movidos a metano, apesar das 1360 colisões registradas.

c) A sua temperatura de ignição (cerca de 700°), é sensivelmente superior à da gasolina de 80 octanas (cerca de 420°C), o que diminui o risco de inflamação por contato com superfícies aquecidas. Uma chama que faria auto-inflamar-se e explodir a gasolina de um tanque, poderia na pior das hipóteses, fazer aumentar a pressão de um tanque de metano comprimido, arrebentar a válvula de segurança e deixar escapar o conteúdo. Se a temperatura fôsse suficientemente elevada para inflamar o gás vazado a chama subiria com o gás até o esvaziamento do tanque.

d) Ao contrário dos vapores de gasolina, do GLP (gás de cozinha), o metano não é considerado tóxico, não é irritante, nem produz narcose, como alcoóis.

3.2 – POLUIÇÃO

A utilização do gás metano em motores de combustão interna produz gases de escapamento muito menos poluidores do que os demais combustíveis em uso (gasolina, alcoóis, óleo diesel).

Por estar comprimido, não apresenta também as perdas e poluição por evaporação, quer por ocasião do abastecimento, quer durante a permanência nos tanques. Sua queima não produz aldeídos, nem outros produtos reativos que, na atmosfera, sob a ação da luz solar, possam originar outros produtos tóxicos irritantes e "smog".

O nível de hidrocarbonetos, monóxido de carbono e óxidos de nitrogênio dos gases de escapamento de motores utilizando o metano e outros combustíveis é registrado na tabela seguinte.

Combustível Poluente	METANO	GASOLINA
Hidrocarbonetos (g/km)	1	5
Monóxido de Carbono (g/km)	15	60
Óxidos de Nitrogênio (g/km)	2	7
Aldeídos (g/km)	—	0,2

Com estes teores de poluentes, mesmo os motores originais, usando metano, preenchem requisitos rígidos da legislação adotada em nosso País, inclusive atendem os exigidos pelo Estado da Califórnia e do Governo Federal dos Estados Unidos, sem necessidade de catalizadores no escapamento.

3.3 – ECONOMIA

A produção de metano, por biodigestão, vem sendo feita no tratamento de esgotos, lixo, resíduos orgânicos e dejetos de animais. Nestes casos o metano aparece misturado com o dióxido de carbono (30 a 50%) e sulfeto de hidrogênio, que pode ter pronunciado efeito corrosivo, além de outros gases. Nos Estados Unidos, são as companhias de distribuição do gás natural que mais rapidamente vem convertendo seus veículos a gasolina para uso duplo com metano, com resultados favoráveis economicamente e com investimentos amortizados a curto prazo.

Na utilização em veículos prefere-se manter a flexibilidade de operação com gasolina ou metano, não se otimizando o motor com alterações de seu cabeçote, com maior taxa de compressão, curva de ignição diferente e outras modificações do motor original.

Nestas condições, como dado prático, pode-se considerar pela equivalência de poderes caloríficos 1 m³ NPT (96% CH₄, 4% CO₂) equivale a 1,06 l de gasolina pura de 80 octanas.

Os dados de operação de frotas nos Estados Unidos indicam economias operacionais de 60 a 70% sobre a gasolina, com período de amortização do investimento total (conversão do veículo e estação de compressão e abastecimento) variando de 1,5 a 2,5 anos.

O custo de conversão inicial previsto para um veículo utilitário nacional será de Cr\$ 180.000,00 a Cr\$ 230.000,00 conforme o número de cilindros. O uso em frotas experimentais tem mostrado que a vida do sistema de gás de metano (cilindros, redutor, dosador e acessórios) bem superior ao do veículo/motor, o que tem permitido a sua re-utilização em mais de um veículo.

No caso de uma usina produzindo 1000 m³ NPT de metano por dia economizar-se-ia em gasolina (a Cr\$ 104,00 litros) cerca de Cr\$ 110.000,00/dia. É evidente que, dados os investimentos, o uso do metano só se justifica em veículos que tenham consumo diário e constante em percursos limitados.

3.4 – AS VANTAGENS DE CARÁTER OPERACIONAL, SÃO:

- Menor manutenção do sistema de alimentação de combustível.
- Maior número de octana (N.O.130), permitindo trabalhar com taxas de compressão superiores a do álcool (N.O.95).
- Maior vida dos motores e óleo lubrificante, pela não formação de partículas abrasivas de carbono, nem diluição do óleo. Dados preliminares de frotas indicam duração cerca de duas vezes maior.

4. POSSIBILIDADE DA PRODUÇÃO DO METANO PELA SABESP

Durante o mês de Maio de 1982, as duas estações de tratamento, Leopoldina e Pinheiros, efetuando tratamento primário de um total de cerca de 4,0 m³/seg de esgotos, produzem aproximadamente 17.000 m³/dia de gás de esgotos, correspondendo a cerca de 12.000 m³/dia de gás de metano.

Com a entrada de operação gradativa da primeira etapa do SANEGRAN, com a unidade de tratamento de Suzano ainda no corrente ano, a produção do gás metano deverá atin-

gir a 20.000 m³/dia, até chegar a 85.400 m³/dia em 1985.

Nessa época, deverão estar em operação as unidades de Barueri e ABC. O total da capacidade de tra-

tamento de esgoto instalada atingirá então 20,5 m³/s.

O constante crescimento da produção de metano, sub-produto hoje

quase sem aproveitamento econômico, permite prever receita ponderável à SABESP, e uma economia de combustíveis críticos, com um mínimo de investimento.

QUANTIDADES DE GÁS DE ESGOTO – SITUAÇÃO EM 1982 (ABRIL/82)

ERQ	CAPACIDADE INSTALADA DE TRATAMENTO – m ³ /s	PRODUÇÃO DE GÁS DE ESGOTO – m ³ /dia	CAPACIDADE DE PRODUÇÃO DE METANO – m ³ /dia
SUZANO*	1,5		
BARUERI*	7,0		
ABC*	6,0		
PINHEIROS**	2,0	8.000	5.600
LEOPOLDINA**	4,0	9.000	6.300
TOTAIS	20,5	17.000	11.900

* EM OBRAS (TRATAMENTO SECUNDÁRIO)

** EM OPERAÇÃO (TRATAMENTO PRIMÁRIO): Pinheiros – 1,9 m³/s
Leopoldina – 2,1 m³/s

QUANTIDADES DE GÁS DE ESGOTO – PRIMEIRA ETAPA DO SANEGRAN

ERQ	CAPACIDADE INSTALADA DE TRATAMENTO – m ³ /s	CAPACIDADE DE PRODUÇÃO DE GÁS DE ESGOTO – m ³ /dia	CAPACIDADE DE PRODUÇÃO DE METANO – m ³ /dia
SUZANO	1,5	12.000	8.400
BARUERI	7,0	56.000	39.200
ABC (*)	6,0	24.000	16.800
PINHEIROS	2,0	10.000	7.000
LEOPOLDINA	4,0	20.000	14.000
TOTAIS	20,5	122.000	85.400

(*) 3,0 m³/s – Serão tratados quimicamente

QUANTIDADES DE GÁS DE ESGOTO – FIM DO PLANO SANEGRAN

ERQ	CAPACIDADE INSTALADA DE TRATAMENTO – m ³ /s	PRODUÇÃO DE GÁS DE ESGOTO – m ³ /dia	CAPACIDADE DE PRODUÇÃO DE METANO – m ³ /dia
SUZANO	17,0	136.000	95.200
BARUERI	63,0	504.000	352.800
ABC	15,0	120.000	84.000
TOTAIS	95,0	760.000	532.000