

EVOLUÇÃO DE METANO EM SOLOS E DEJETOS CONFINADOS EM CONDIÇÕES DE INUNDAÇÃO E CAPACIDADE DE CAMPO¹

Juscimar Silva²
Walter A. P. Abrahão³
Jaime W. V. de Mello⁴

RESUMO

A produção de metano, em diferentes condições de umidade, foi avaliada em cinco amostras de solo com diferentes teores de carbono orgânico e um material de fossa séptica. As amostras foram incubadas em frascos kitasato de 500 cm³ e submetidas a diferentes períodos de confinamento. As análises de metano foram realizadas por meio de cromatografia gasosa, determinando-se também a pressão no interior dos frascos, durante os períodos de confinamento. As amostras foram caracterizadas quanto ao teor de carbono orgânico total e ao fracionamento de substâncias húmicas. A quantidade de metano produzida pelas amostras de solo foi muito semelhante, independentemente da condição de umidade, salvo o solo orgânico que apresentou um aumento na evolução de metano na condição de anaerobiose mais severa. Os resultados parecem indicar que o material da fossa séptica permanece ativo, no que se refere à capacidade microbiológica de produção de metano, a qual aumenta até alcançar determinado patamar, quando então atinge pressões que possivelmente inibem a produção adicional de metano.

Palavras-chaves: metanogênese, anaerobiose, matéria orgânica.

¹ Aceito para publicação em 26.03.2001.

² Acadêmico do Curso de Agronomia, estagiário do Lab. de Química do Solo.

³ Departamento de Solos – UFV.

⁴ Departamento de Solos - UFV, bolsista do CNPq. Av. P. H. Rolfs, s/nº 36571-000 Viçosa, MG. jwvmello@mail.ufv.br

ABSTRACT

METHANE EVOLUTION IN CONFINED SOILS AND SEWAGE SLUDGE UNDER FLOODING AND FIELD CAPACITY

Methane production under different moisture conditions was evaluated in five soil samples and a septic tank material with different organic carbon contents. The samples were incubated in 500 cm³ kitasato flasks and submitted to bordering periods. Methane analysis was performed using gas chromatography and the inner pressure was measured during the bordering periods. The samples were characterized according to the organic carbon and the organic matter fractionation. Methane production by the soil samples was similar under both moisture conditions, except the organic soil presenting a methane evolution increase under anaerobic conditions. The results suggested that the sewage sludge remains active concerning the methane production capacity, then reaching pressures that probably impair additional methane production.

Key words: methanogenesis, anaerobiosis, organic matter.

INTRODUÇÃO

Neste século, o homem vem promovendo transformações globais relacionadas com a química das águas e da atmosfera. Uma das conseqüências dessa mudança química são as variações das concentrações de alguns gases de efeito estufa, como dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O), metano (CH₄) e clorofluorcarbono (CFC), que, modificando o balanço de energia do sistema terra-atmosfera, poderão alterar o clima do planeta, provocando a intensificação do efeito estufa (3).

Até cerca de duas décadas atrás, os estudos sobre o efeito estufa levavam em conta tão-somente o CO₂, o gás do efeito estufa até então conhecido.

Os efeitos do CO₂ sobre o clima do planeta, como mencionado anteriormente, têm recebido especial atenção. Entretanto, os efeitos climáticos de pequenos e constantes aumentos da concentração de CH₄ podem ser substanciais, porque o metano, molécula por molécula, é 20 vezes mais eficiente que o CO₂ para a elevação da temperatura do planeta. A atual concentração de CH₄ na atmosfera é de 1,72 ppmv, sendo mais que o dobro do valor no período pré-industrial, cerca de 0,8 ppmv. A taxa de aumento da concentração de CH₄ é de aproximadamente 0,9% ao ano (7).

O metano é um gás minoritário ativo química e radiativamente, sendo emitido na atmosfera por meio de fontes naturais e antropogênicas. A maioria do CH₄ atmosférico é produzido microbianamente em condições anaeróbias, em diversos ambientes, como em estômagos de ruminantes e de cupins, solos agricultáveis inundados e uma variedade de solos inundados naturais, aterros sanitários, mineração de carvão, vazamentos de oleodutos e reservatórios de óleos e gás.

O presente trabalho objetivou avaliar a produção de gás metano em condições de anaerobiose e aerobiose, a partir de dejetos de fossa séptica em comparação com a produção deste gás em solos nos quais os processos pedogenéticos promoveram a acumulação de matéria orgânica.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no laboratório de Química do Solo da Universidade Federal de Viçosa.

Material utilizado e condução do experimento

Foram utilizadas amostras de cinco solos e um material de fossa séptica (Quadro 1).

QUADRO 1 - Tipo e procedência dos materiais utilizados no experimento

Identificador	Horizonte	Tipo de material	Procedência
LV	ABsombria	Latossolo Vermelho-Amarelo	Viçosa, MG
PzH	Bh	Podzol Hidromórfico	Alcobaça, BA
OH	H	Orgânico	Lavras, MG
GH	HA	Glei Húmico	Lavras, MG
Tiom	ACgj	Tiomórfico	Aracruz, ES
FS	—	Material de fossa séptica	Divinópolis, MG

Os materiais foram secos em estufa (105 °C), determinando-se a umidade atual, como descrito pela EMBRAPA (1).

Amostras de 50 cm³ dos solos e da fossa séptica foram incubadas em frascos kitasato de 500 cm³, em condições de umidade equivalente (água retida após saturação e centrifugação do material a 2.000 g por 30 min) e em saturação por inundação, refletindo diferentes condições de oxigenação. Em cada condição foram realizadas três repetições, totalizando 36 unidades experimentais (18 aeróbias e 18 anaeróbias). Os frascos foram mantidos fechados e, periodicamente, foram determinadas a pressão interna, com manômetro de mercúrio, e a concentração de metano, por cromatografia gasosa. As amostras também foram caracterizadas quanto ao seu teor de carbono orgânico pelo método de Walkley e Black (6), conforme descrito pela EMBRAPA (2). Foram ainda realizados a extração e o fracionamento das substâncias húmicas, para fins de quantificação dos teores de carbono dos ácidos húmicos, ácidos fúlvicos e huminas.

Determinações analíticas

Equivalente de umidade

Foram pesadas 30 g dos solos Podzol Hidromórfico, Tiomórfico e Latossolo Vermelho-Amarelo; 25 g do solo Glei Húmico; 20 g do solo Orgânico; e 10 g do material da fossa séptica para esta análise. Esta variação nas quantidades das amostras estabelecidas mediante testes preliminares, que possibilitou perceber que alguns solos e o material da fossa séptica transbordavam nas cestas das centrífugas ao serem umedecidas, quando se utilizavam os 30 g propostos na metodologia. Os demais passos seguiram conforme o método descrito pela EMBRAPA (1).

Pressão e concentração de metano

Os frascos contendo os materiais incubados foram mantidos fechados, determinando-se periodicamente a pressão interna, com manômetro de mercúrio, e a concentração de metano, por cromatografia gasosa em cromatógrafo Shimadzu GC – 14B (com integrador de picos), coluna Poropak-Q, detector por ionização de chama, nas seguintes condições: temperatura do injetor igual a 100 °C, temperatura da coluna 60 °C e temperatura do detector 150 °C.

As determinações da pressão e da concentração de metano foram realizadas aos 18, 32, 46, 66 e 95 dias após o início do período de incubação (09/08/1999). Após o 18º e 46º dias de incubação, os frascos foram abertos de modo a permitir o equilíbrio da pressão interna com a pressão atmosférica. Dessa maneira, procurou-se simular diferentes períodos de confinamento do gás produzido pela decomposição dos materiais.

Determinação do carbono total

O método utilizado foi o de Walkley e Black (6), conforme descrito pela EMBRAPA (2), a qual utiliza o dicromato ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) em meio ácido como oxidante.

Substâncias húmicas

O fracionamento químico foi realizado com base nas características de solubilidade das substâncias húmicas, obtendo-se como produtos as seguintes frações: humina – insolúvel em ácido e em álcali; ácido húmico – solúvel em álcali e insolúvel em ácido; e ácido fúlvico – solúvel em

ácido e álcali (5).

Amostras de aproximadamente 1,0 g, passadas em almofariz e em peneira de 0,210 mm, foram colocadas em tubos de centrífuga de 80 ml, recebendo a adição de 15 ml de NaOH 0,1 mol L⁻¹, agitando-se por 1 h. Após 24 h de repouso, as suspensões foram centrifugadas a 5.000 g por 20 min, transferindo-se o sobrenadante para tubos de centrífuga de 80 ml. Os tubos de centrífuga receberam novamente 15 ml da solução de NaOH 0,1 mol L⁻¹, ressuspensando-se o precipitado. Após 1 h de repouso, as suspensões foram centrifugadas novamente a 5.000 g por 20 min. O sobrenadante obtido foi adicionado ao primeiro. Esse procedimento foi repetido, por mais duas vezes, totalizando um volume de 60 ml.

O precipitado obtido, que inclui a fração húmica (HUM) e a matriz mineral do solo, foi transferido para tubos de digestão de 100 ml e seco em estufa a 60 °C.

O volume total do sobrenadante (60 ml), contendo as frações ácidos húmicos e ácidos fúlvicos dissolvidas, teve seu pH ajustado para valor inferior a dois com solução de H₂SO₄ 20 % (v/v), a fim de precipitar a fração ácidos húmicos (FAH). Para total precipitação, a suspensão ficou em repouso por 18 h, procedendo-se, então, à separação da FAH da fração solúvel por centrifugação a 5.000 g por 10 min.

A porção solúvel do extrato acidificado corresponde à fração ácidos fúlvicos (FAF), que foi transferida para balão volumétrico de 100 ml, completando-se o volume com água destilada. Ao precipitado (FAH) foram adicionados 50 ml de NaOH 0,1 mol L⁻¹, o qual foi agitado e deixado em repouso por 1 h. Em seguida, o precipitado redissolvido foi transferido para balão volumétrico de 100 ml, sendo seu volume completado com a mesma solução (NaOH 0,1 mol L⁻¹).

A determinação do carbono orgânico das frações ácidos fúlvicos (FAF) e ácidos húmicos (FAH), obtidas na extração, foram realizadas utilizando-se o processo de dicromatometria com aquecimento externo proposto por Yeomans e Bremner (8).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos revelam que a quantidade de metano produzida pelas amostras de solo foi muito semelhante, independentemente da condição de umidade (Quadro 2). Apenas no solo orgânico é que se verifica um aumento na evolução de metano na condição de anaerobiose mais severa (solo inundado), porém em quantidades

relativamente pequenas, da ordem de $4 \mu\text{L L}^{-1}$ no primeiro período de confinamento (até o 18º dia), atingindo um máximo de $123 \mu\text{L L}^{-1}$ no segundo período de confinamento (46º dia de incubação). Por outro lado, a produção de metano a partir do material da fossa séptica foi muito superior, chegando a atingir quatro ordens de magnitude (cerca de 10.000 vezes mais) em relação aos solos nos primeiros 18 dias de incubação. Nos períodos de confinamento subsequentes esta diferença ficou menos acentuada, atingindo cerca de 300 vezes mais para o material da fossa séptica em relação ao solo orgânico, ambos em condições de anaerobiose. Os valores constantes no Quadro 2 referem-se à concentração de metano no espaço livre dos frascos. Estes valores podem ser convertidos em quantidades de metano produzido por volume de solo ou de matéria fresca, quando se faz referência ao material da fossa, já que a quantidade de material incubado dentro dos frascos foi sempre a mesma (50 cm^3). Com base nessa conversão, verifica-se uma diferença considerável entre a quantidade de metano produzida nas duas condições de umidade do material da fossa séptica durante o primeiro período de confinamento das amostras (Quadro 3).

Verifica-se que a quantidade de metano produzida pelo material da fossa séptica atingiu valores de, aproximadamente, 125 litros por metro cúbico, em condições de equivalente de umidade, próxima à "capacidade de campo" do material, e chegou a 244 litros por metro cúbico, em condições de anaerobiose mais severas (i.e., quando o material foi inundado), nos primeiros 18 dias de incubação.

Esta diferença praticamente desaparece nos períodos de confinamento posteriores, oscilando entre 300 a 350 litros por metro cúbico de material independente da condição de umidade. No segundo período de confinamento, a produção de gás metano já atinge valores da ordem de 290 a 340 litros por metro cúbico em um período adicional de apenas 14 dias (do 18º ao 32º dia), mantendo-se neste patamar até o 46º dia, quando a pressão interna dos frascos foi novamente equilibrada com a pressão atmosférica. Esta situação se repete no terceiro período de confinamento, ou seja, a produção de gás metano é retomada rapidamente em apenas 20 dias (do 46º ao 66º dia) e se mantém até o final do experimento (Figura 1). Estes resultados parecem indicar que o material da fossa séptica permanece ativo, no que se refere à capacidade microbiológica de produção de metano, e que esta produção aumenta até determinado patamar, quando então atinge pressões da ordem de 110 a 150 kPa, que, provavelmente, inibem a produção adicional de metano (Quadro 2). No entanto, havendo alívio da pressão interna, por escape de

QUADRO 2. - Concentração de metano e pressão absoluta no espaço livre dos frascos, nas condições de capacidade de campo (aeróbia) e inundação (anaeróbia)

	1º ciclo				2º ciclo				3º ciclo			
	18º dia ⁽¹⁾		32º dia		46º dia		66º dia		95º dia			
	CH ₄ µL L ⁻¹	P kPa	CH ₄ µL L ⁻¹	P kPa	CH ₄ µL L ⁻¹	P kPa	CH ₄ µL L ⁻¹	P kPa	CH ₄ µL L ⁻¹	P kPa	CH ₄ µL L ⁻¹	P kPa
LV	2,57	94,60	2,76	96,60	2,43	95,30	2,26	95,10	2,25	95,80	2,25	95,80
PZH	2,74	94,60	2,70	95,80	2,57	95,80	2,41	95,30	2,32	95,70	2,32	95,70
OH	2,23	92,50	2,45	94,10	2,27	93,40	2,35	91,80	2,37	90,20	2,37	90,20
GH	2,57	92,10	2,59	94,90	2,39	92,20	2,26	94,60	2,16	94,70	2,16	94,70
TIOM	2,64	90,20	2,61	93,30	2,38	89,70	2,40	91,60	2,46	89,90	2,46	89,90
FS	12.450,30	89,60	34.375,90	95,70	31.585,70	107,90	30.805,00	98,00	33.329,70	99,10	33.329,70	99,10
						Aeróbia						
						Anaeróbia						
LV	2,57	94,70	4,17	95,70	4,05	95,00	2,77	95,10	2,14	95,60	2,14	95,60
PZH	2,72	94,40	2,60	95,70	2,37	94,90	2,16	95,20	2,29	95,60	2,29	95,60
OH	4,06	95,60	10,12	95,70	122,91	93,30	66,37	93,50	45,66	92,20	45,66	92,20
GH	3,01	94,10	3,33	94,70	3,64	93,70	2,80	94,80	2,69	92,00	2,69	92,00
TIOM	2,70	93,90	2,64	93,70	2,57	90,70	2,36	92,00	2,39	88,40	2,39	88,40
FS	24.445,90	92,00	28.962,40	110,10	32.964,20	151,00	35.325,50	113,60	30.299,30	110,60	30.299,30	110,60

Pressão média anual de Viçosa é de 94,06 kPa.

⁽¹⁾ Dias após o início do período de incubação.

QUADRO 3 – Produção de metano por metro cúbico de material em condições de capacidade de campo (aeróbia) e inundação (anaeróbia)

	1º ciclo	2º ciclo		3º ciclo	
	18º dia	32º dia	46º dia	66º dia	95º dia
----- L m ⁻³ -----					
Aeróbia					
LV	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02
PzH	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02
OH	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
GH	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02
TIOM	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02
FS	124,50	343,76	315,86	308,05	333,30
Anaeróbia					
LV	0,03	0,04	0,04	0,03	0,02
PzH	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02
OH	0,04	0,10	1,23	0,66	0,46
GH	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03
TIOM	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02
FS	244,46	289,62	329,64	353,53	302,99

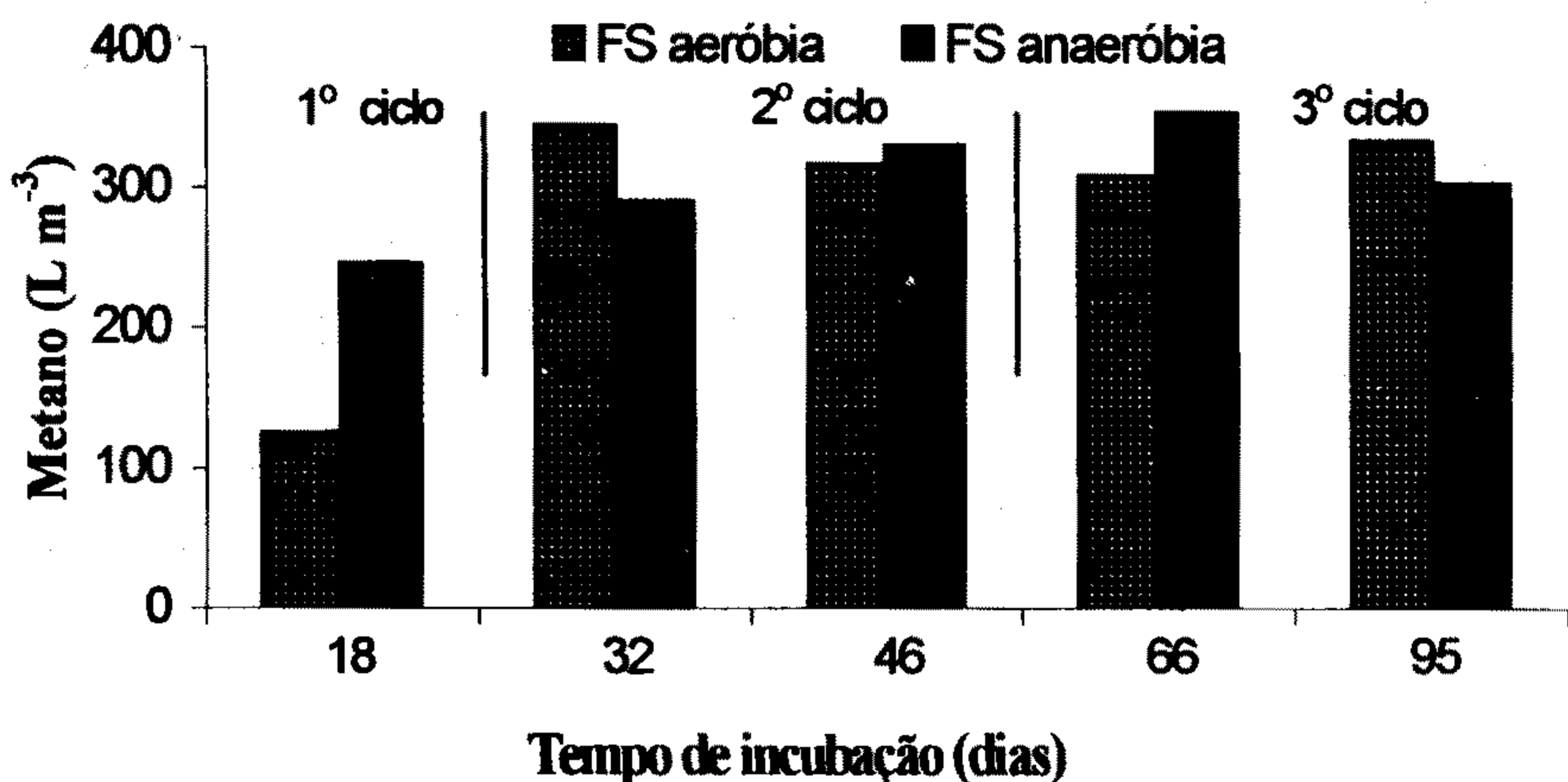


FIGURA 1 - Marcha de produção de metano em litros por metro cúbico de material da fossa séptica (FS) incubado.

gases, a atividade metanogênica é retomada em curto espaço de tempo até atingir novamente o patamar anterior de aproximadamente 300 a 350 litros por metro cúbico. Isto é verdade, visto que a saturação do ambiente com CH_4 inibe a atividade microbiana. Com a redução na concentração de CH_4 e entrada de O_2 , a atividade microbiana é retomada.

Considerando-se a lei de Boyle-Mariotte, que estabelece a relação entre volume, pressão e temperatura de gases ($P_i V_i / T_i = P_e V_e / T_e$), o material da fossa séptica, em condição anaeróbia, gerou gás metano comprimido, de forma que, se escapasse para o ambiente externo do frasco, aumentaria em 60% o seu volume no 46º dia de incubação, quando estava confinado por 28 dias. Isto dá uma idéia de quanto a pressão potencializa o poder explosivo do gás gerado.

Os teores de carbono orgânico e substâncias húmicas, obtidos pela digestão ácida dos solos PzH, TIOM, GH e OH, revelam o grau de hidromorfismo aos quais estão submetidos estes solos. O solo Tiomórfico, embora esteja sujeito a acentuado hidromorfismo a ponto de produzir sulfetos, não apresenta o maior teor de carbono por ter sido utilizado, neste experimento, um horizonte mais profundo e rico em material mineral (Quadro 4).

QUADRO 4 - Teores de carbono orgânico (C_{ORG}) e correspondência em matéria orgânica (MO), considerando 58% de carbono na matéria orgânica, e equivalente de umidade (EU)

	C_{ORG}	MO	EU
		g kg^{-1}	
PzH	15,6	27,0	33,3
LV	28,6	49,4	349,0
TIOM	38,1	65,8	258,0
GH	57,8	99,7	231,7
OH	135,7	234,1	559,3
FS	316,3	545,6	877,7

Comparando o teor de substâncias húmicas (Quadro 5), com o teor de carbono orgânico, constatou-se que a metodologia utilizada de fracionamento subestima o carbono orgânico total em relação ao somatório das frações, sendo esta diferença maior nas amostras com teor de matéria orgânica mais elevado. Provavelmente, isso decorre do fato de a metodologia de Yeomans e Bremner (8) ter sido desenvolvida para amostras com elevado teor de material mineral e baixo teor de carbono orgânico ($20 - 50 \text{ g kg}^{-1}$). Deve-se, contudo, considerar que esses métodos são aproximativos, pois, além de admitir que todo o C orgânico presente

na amostra possui valência zero, são passíveis de interferência pela oxidação ou redução de alguns constituintes do solo como Cl^- , Fe^{2+} e MnO_2 (4).

QUADRO 5 - Teores de ácidos húmicos, fúlvicos e humina das amostras dos solos e da fossa séptica			
	FAH	FAF	HUM
	----- g/kg -----		
PzH	8,29	1,92	0,85
LV	6,47	6,27	10,04
TIOM	11,15	5,48	16,94
GH	42,39	26,38	12,19
OH	88,91	70,70	208,95
FS	52,07	319,18	186,85

Foram verificadas correlações positivas e significativas entre os teores de carbono orgânico total e fração fúlvica (FAF) das amostras com as quantidades de metano produzidas (Quadro 6). Por outro lado, não foram obtidas correlações positivas entre o carbono das frações ácidos húmicos (FAH) e humina (HUM). Este comportamento é observado tanto em condições de anaerobiose quanto na incubação aeróbia. Isso provavelmente está relacionado ao menor grau de polimerização dos ácidos fúlvicos em relação aos ácidos húmicos e huminas e, portanto, mais suscetíveis à decomposição microbiológica, sendo preferencialmente utilizados pelas bactérias nas rotas de produção de metano.

QUADRO 6 - Coeficientes de correlações entre a produção de metano e os teores de carbono orgânico (C_{ORG}), fração ácido húmico (FAH), fração ácido fúlvico (FAF) e humina (HUM)(n = 6)					
	Aeróbia				
	^{1/} M18	M32	M46	M66	M95
C_{ORG}	0,9287**	0,9287**	0,9287**	0,9287**	0,9287**
FAH	0,2574 ^{ns}	0,2575 ^{ns}	0,2575 ^{ns}	0,2575 ^{ns}	0,2575 ^{ns}
FAF	0,9782**	0,9782**	0,9782**	0,9782**	0,9782**
HUM	0,5743 ^{ns}	0,5743 ^{ns}	0,5743 ^{ns}	0,5743 ^{ns}	0,5743 ^{ns}
	Anaeróbia				
	M18	M32	M46	M66	M95
C_{ORG}	0,9288**	0,9288**	0,9300**	0,9294**	0,9292**
FAH	0,2575 ^{ns}	0,2577 ^{ns}	0,2606 ^{ns}	0,2590 ^{ns}	0,2587 ^{ns}
FAF	0,9782**	0,9782**	0,9789**	0,9785**	0,9785**
HUM	0,5744 ^{ns}	0,5745 ^{ns}	0,5773 ^{ns}	0,5758 ^{ns}	0,5755 ^{ns}

** Significativo a 1% de probabilidade.
^{ns} Não significativo.
^{1/} M. Produção de metano aos "n" dias de confinamento (n = 18, 32, 46, 66, 95).

Excluindo-se o material da fossa séptica, as correlações entre a produção de metano e os teores de C_{ORG} (total, FAH, FAF e HUM) foram significativas em todos os casos quando considerada a incubação anaeróbia (Quadro 7). Provavelmente, os menores teores de carbono e a condição de maior estabilidade da matéria orgânica dos solos em relação ao material da fossa séptica levam a uma perda de preferência das bactérias pela fração fúlvica. Esta maior estabilização da matéria orgânica é indicada pela menor proporção da fração ácidos fúlvicos em relação ao carbono orgânico total nas amostras de solos em relação ao material da fossa séptica (Quadros 4 e 5). Na incubação aeróbia, as correlações caem drasticamente a partir do 46º dia de incubação (final do 2º período de confinamento) até o final do experimento (Quadro 7) e são negativas no período anterior. Isso pode estar relacionado com a baixa produção de metano, o qual não permitiu detectar variabilidade pela técnica analítica utilizada, conforme se verifica no Quadro 3.

QUADRO 7 - Coeficientes de correlações entre a produção de metano e os teores de carbono orgânico (C_{ORG}), fração ácido húmico (FAH), fração ácido fúlvico (FAF) e humina (HUM) (n = 5)

	Aeróbia				
	^{1/} M18	M32	M46	M66	M95
C_{ORG}	-0,9463**	-0,9463**	-0,4648 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,0001 ^{ns}
FAH	-0,9092**	-0,9092**	-0,3663 ^{ns}	0,0006 ^{ns}	0,0006 ^{ns}
FAF	-0,9429**	-0,9429**	-0,3929 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,0001 ^{ns}
HUM	-0,9979**	-0,9979**	-0,3069 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	0,0002 ^{ns}
	Anaeróbia				
	M18	M32	M46	M66	M95
C_{ORG}	0,9463**	0,9256**	0,9497**	0,9492**	0,9522**
FAH	0,9092**	0,8754**	0,9122**	0,9127**	0,9181**
FAF	0,9429**	0,9226**	0,9461**	0,9466**	0,9499**
HUM	0,9978**	0,9878**	0,9983**	0,9979**	0,9979**

** Significativo a 1% de probabilidade

ns Não significativo

^{1/} M. Produção de metano aos "n" dias de confinamento (n = 18, 32, 46, 66, 95)

CONCLUSÕES

1. A emissão de gás metano a partir dos solos é uma variante que deve ser levada em consideração nos estudos dos gases de efeito estufa, uma vez que cada hectare de solo orgânico contribui com aproximadamente 24.600 litros de metano, quando em condições anaeróbias.

2. Considerando a grande área de solos inundados no planeta, verifica-se que eles favorecem de forma expressiva no aumento da concentração de metano na atmosfera.

3. Devido à grande quantidade de metano produzida, os dejetos, quando confinados em condições anaeróbias, podem servir como fontes alternativas de energia (ex.: gás para aquecedores). Não obstante a quantidade muito maior de metano produzida pelos dejetos, em relação aos solos, sua emissão para a atmosfera não deve favorecer expressivamente o efeito estufa, tendo em vista o baixo volume de áreas exploradas com essa finalidade.

REFERÊNCIAS

1. EMBRAPA. (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPÉCUÁRIA). Programa Nacional de Pesquisa em Energia. Brasília, 1982. 27 p.
2. EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solos. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.
3. MEIRELES, E. J. L. Intensificação do efeito estufa associada a aumento nas concentrações dos gases CH₄, N₂O e CO₂. Viçosa, UFV, 1994. 125p. (Tese de mestrado).
4. NELSON, D. W. & SOMMERS, L. E. Total carbon, organic carbon and organic matter. In: Page, A. L. et al. (eds.). Methods of soil analysis. 2.ed. Madison, American Society of Agronomy, 1982. Part 2, p. 539-79.
5. SCHNITZER, M. & KHAN, U. C. Humic substances in the environment. New York, Marcel Dekker, 1972. 327p.
6. WALKLEY, A. & BLACK, I. A. An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter, proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci., 37:-38, 1934.
7. WATSON, R. T. ; RODHE, H. ; OESCHGER, H. & SIEGENTHALER, U. Greenhouse gases and aerosols. In: Houghton, J. T. ; Jenkins G. J. & Ephraums, J. J.(eds.). Climate change. The IPCC Scientific Assessment. Cambridge, Cambridge University Press, 1990. p. 1-40.
8. YEOMANS, J. C & BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. Comm. in Soil Science Plant. Anal., 19: 467-76, 1988.