



RELATÓRIO FINAL DO ESTUDO E PESQUISA DE BIOGÁS NO
ANIGO LIXÃO DO ROGER EM JOÃO PESSOA

"ESTUDOS E PROJETOS DE RECUPERAÇÃO
AMBIENTAL DO LIXÃO DO ROGER E A
ELABORAÇÃO DE PROJETOS PARA A CRIAÇÃO
DO PARQUE SOCIOAMBIENTAL, na Cidade de
João Pessoa, estado da Paraíba (PB).

DEZEMBRO 2022



EMPRESA RESPONSÁVEL PELO EMPREENDIMENTO			
Contrato Administrativo nº 02.012/2021 – UEP/SEGGOV			
Razão Social:	Prefeitura de João Pessoa	Representante Legal:	Márcio Diego Fernandes Tavares
CNPJ:	08.778.326/0001-56	Fiscal do Contrato	Luiz Daniel Barboza Monte - Mat. 886-9
Endereço:	Rua Diógenes Chianca, nº 1.777, Água Fria, João Pessoa/PA		

CONSÓRCIO			
TERRA MEIO AMBIENTE – PROMON ENGENHARIA E AMBIENTE LTDA			
Razão social:	TERRA Ltda.	Diretor	Tony Carlos Dias
CNPJ:	04.015.340/0001-47	Executivo:	da Costa
CTDAM:	1114	Diretor Operacional	Daniel Meninea Santos
Belém / PA - terra@terrameioambiente.com.br www.terrameioambiente.com.br Av. Governador José Malcher, 2306, 3º Andar – São Brás – CEP: 66.060 – 232. Belém- Pará- Brasil Tel. (91) 3212 0294			
Razão social: PROMON ENGENHARIA E AMBIENTE LTD. Diretor Executivo: Mário A Tavares Russo CNPJ: 41.982.767/0001-40			
mariorusso@mrt-engenharia.com mariorusso@promon.pt			
Rua Amadeo de Sousa Cardoso, nº 100: Gondomar 4510 492 Fânzeres Portugal Avenida Governador José Malcher nº 153 sala 12. Belém/PA, Brasil +351 224808944 +351 967641935 e +55 (91) 991641935			

CONTROLE INTERNO DE REVISÕES		
PRODUTO 2: Investigação de Campo		
Controle de Revisões	nº	Data Envio
Emissão do relatório	versão 1	14/12/2022

<i>EQUIPE RESPONSÁVEL PELA ELABORAÇÃO DO DOCUMENTO</i>		
<i>PROFISSIONAL</i>	<i>FORMAÇÃO</i>	<i>RESPONSABILIDADE</i>
<i>Mário Augusto Tavares Russo</i>	<i>Eng. Civil, Mestre Hidráulica, Doutorado Eng. Civil</i>	<i>Coordenador Geral</i>
<i>Tony Carlos Costa</i>	<i>Licenciado em Geologia, Mestre em Eng Civil e Doutorado em Geociências</i>	<i>Coordenador Adjunto</i>
<i>José Fernando Thomé Jucá</i>	<i>Eng. Civil, Mestre e Doutor em Eng Civil</i>	<i>Especialista Aterro Sanitário Coordenador do Produto</i>
<i>Maria Odete Holanda Mariano</i>	<i>Eng. Civil, Mestre e Doutora em Eng. Civil</i>	<i>Eng. Pleno Sênior</i>
<i>Camila de Melo Tavares</i>	<i>Eng. Civil, Mestre em engenharia Civil. Doutoranda em Engenharia Civil.</i>	<i>Equipe Técnica de apoio</i>
<i>Fellipe José Reis Brandão</i>	<i>Engenheiro Ambiental - Mestre – GRS/UFPE</i>	<i>Equipe Técnica de apoio</i>
<i>Antônio Brito</i>	<i>Engenheiro Civil - UFPE</i>	<i>Equipe Técnica de apoio</i>
<i>Daniela Santos</i>	<i>Engenheira Ambiental – Mestranda GRS/UFPE</i>	<i>Equipe Técnica de apoio</i>
<i>PRODUÇÃO GRÁFICA</i>		<i>TERRA MEIO AMBIENTE</i>

ÍNDICE

1	<u>PREÂMBULO</u>	<u>11</u>
2	<u>INTRODUÇÃO</u>	<u>12</u>
3	<u>ENSAIOS DE CAMPO - DRENOS DO BIOGÁS E PLACA DE FLUXO</u>	<u>14</u>
3.1	LOCAÇÃO DOS ENSAIOS DE CAMPO	15
3.1.1	LOCAÇÃO E INSTALAÇÃO DE DRENOS E COLETA DE RESÍDUOS PARA ENSAIOS LABORATORIAIS	15
3.1.2	LOCAÇÃO DOS ENSAIOS DE PLACA DE FLUXO	18
3.2	METODOLOGIA DOS ENSAIOS DE CAMPO	19
3.2.1	DRENO PARA MONITORAMENTO DOS GASES	19
3.2.2	ENSAIO DE PLACA DE FLUXO	26
3.3	RESULTADOS – ENSAIOS DE CAMPO	33
3.3.1	MONITORAMENTO DOS GASES – DRENOS DE GASES	33
3.3.2	ENSAIO DE PLACA DE FLUXO	61
4	<u>ENSAIOS DE LABORATÓRIO</u>	<u>75</u>
4.1	AMOSTRAS LIXÃO ROGER	75
4.2	CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS	76
4.3	DETERMINAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE	78
4.4	DETERMINAÇÃO DO TEOR DE SÓLIDOS VOLÁTEIS	81
4.5	ENSAIO DO POTENCIAL BIOQUÍMICO DE METANO - BMP (BIOCHEMICAL METHANE POTENTIAL).....	84
4.5.1	TESTE DE VEDAÇÃO DOS BIORREADORES	85
4.5.2	PREENCHIMENTO DOS BIORREADORES	85
4.5.3	MONITORAMENTO, COLETA E ANÁLISE VOLUMÉTRICA DO BIOGÁS	87

4.5.4	AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE BIOGÁS E METANO	87
4.5.5	CONSIDERAÇÕES SOBRE O ENSAIO BMP	108
<u>5</u>	<u>CONSIDERAÇÕES FINAIS</u>	<u>110</u>
<u>6</u>	<u>ANEXOS (PLANILHAS).....</u>	<u>114</u>

Índice de Figuras

FIGURA 2.1 – LOCAÇÃO DOS DRENOS DE MONITORAMENTO DE BIOGÁS E DOS ENSAIOS DE PLACA DE FLUXO NO PROJETO ARQUITETÔNICO DO PARQUE	15
FIGURA 2.2 – LOCAÇÃO DAS SONDAGENS SPT NA 1ª CAMPANHA.	16
FIGURA 2.3 – LOCAÇÃO DAS SONDAGENS SPT NA 2ª CAMPANHA.	16
FIGURA 2.4 – LOCAÇÃO DAS SONDAGENS SPT LIXÃO DO ROGER.	17
FIGURA 2.5 – LOCAÇÃO DOS ENSAIOS DE PLACA DE FLUXO.	19
FIGURA 2.6 – EQUIPAMENTOS UTILIZADOS PARA REALIZAÇÃO DO ENSAIO DE PLACA DE FLUXO.	26
FIGURA 2.7 – LOCAÇÃO DOS DRENOS DE MONITORAMENTO - LIXÃO DO ROGER.	34
FIGURA 2.8 – MONITORAMENTO DRENO P01.....	35
FIGURA 2.9 – MONITORAMENTO DRENO P05.....	37
FIGURA 2.10 – MONITORAMENTO DRENO P06.....	39
FIGURA 2.11 – MONITORAMENTO DRENO P07.....	41
FIGURA 2.12 – MONITORAMENTO DRENO P08.....	42
FIGURA 2.13 – MONITORAMENTO DRENO P09.....	44
FIGURA 2.14 – MONITORAMENTO DRENO PFERRO	45
FIGURA 2.15 – MONITORAMENTO DRENO PN	47
FIGURA 2.16 – MONITORAMENTO DRENO PN01	48
FIGURA 2.17 – MONITORAMENTO DRENO PN02	49
FIGURA 2.18 – MONITORAMENTO DRENO PN03	50
FIGURA 2.19 – MONITORAMENTO DRENO PN04	52
FIGURA 2.20 – MONITORAMENTO DRENO PN05	53
FIGURA 2.21 – MONITORAMENTO DRENO PN06	54
FIGURA 2.22 – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DOS DRENOS DE MONITORAMENTO DE BIOGÁS	56
FIGURA 2.23 – VAZÃO INICIAL E FINAL DO BIOGÁS POR DRENO	58
FIGURA 2.24 – CONCENTRAÇÃO DE METANO INICIAL E FINAL POR DRENO	59
FIGURA 2.25 – CONCENTRAÇÃO DE GASES E FLUXOS MÁSSICOS DE METANO E DIÓXIDO DE CARBONO NO PONTO 01	62
FIGURA 2.26 – CONCENTRAÇÃO DE GASES E FLUXOS MÁSSICOS DE METANO E DIÓXIDO DE CARBONO NO PONTO 02	63
FIGURA 2.27 – CONCENTRAÇÃO DE GASES E FLUXOS MÁSSICOS DE METANO E DIÓXIDO DE CARBONO NO PONTO 03	64
FIGURA 2.28 – CONCENTRAÇÃO DE GASES E FLUXOS MÁSSICOS DE METANO E DIÓXIDO DE CARBONO NO PONTO 04	65
FIGURA 2.29 – CONCENTRAÇÃO DE GASES E FLUXOS MÁSSICOS DE METANO E DIÓXIDO DE CARBONO NO PONTO 05	66
FIGURA 2.30 – CONCENTRAÇÃO DE GASES E FLUXOS MÁSSICOS DE METANO E DIÓXIDO DE CARBONO NO PONTO 06	67

FIGURA 2.31 – CONCENTRAÇÃO DE GASES E FLUXOS MÁSSICOS DE METANO E DIÓXIDO DE CARBONO NO PONTO 07	68
FIGURA 2.32 – CONCENTRAÇÃO DE GASES E FLUXOS MÁSSICOS DE METANO E DIÓXIDO DE CARBONO NO PONTO 08	69
FIGURA 2.33 – CONCENTRAÇÃO DE GASES E FLUXOS MÁSSICOS DE METANO E DIÓXIDO DE CARBONO NO PONTO 09	70
FIGURA 2.34 – CONCENTRAÇÃO DE GASES E FLUXOS MÁSSICOS DE METANO E DIÓXIDO DE CARBONO NO PONTO 10	71
FIGURA 2.35 – CONCENTRAÇÃO DE GASES E FLUXOS MÁSSICOS DE METANO E DIÓXIDO DE CARBONO NO PONTO 11	72
FIGURA 2.36 – CONCENTRAÇÃO DE GASES E FLUXOS MÁSSICOS DE METANO E DIÓXIDO DE CARBONO NO PONTO 12	73
FIGURA 3.1 – AMOSTRAS SEPARADAS PARA REALIZAÇÃO DO ENSAIO DE UMIDADE	78
FIGURA 3.2 – AMOSTRAS APÓS ENSAIO DE UMIDADE - VERIFICADA A ESTABILIZAÇÃO	79
FIGURA 3.3 – RESULTADOS DO TEOR DE UMIDADE	80
FIGURA 3.4 – ENSAIO DE SÓLIDOS VOLÁTEIS - PREPARAÇÃO DA AMOSTRA PARA CALCINAÇÃO	81
FIGURA 3.5 – AMOSTRAS APÓS CALCINAÇÃO NA MUFLA	81
FIGURA 3.6 – TEOR DE SÓLIDOS VOLÁTEIS (%) POR FURO E POR PROFUNDIDADE	83
FIGURA 3.7 – BIORREATORES UTILIZADOS EM ENSAIOS BMP	84
FIGURA 3.8 – FLUXOGRAMA DAS ETAPAS DO ENSAIO BMP	85
FIGURA 3.9 – PREENCHIMENTO DOS BMPs	87
FIGURA 3.10 – VOLUME ACUMULADO DE BIOGÁS (A), TAXA DE GERAÇÃO (B) E PERCENTUAL DE CH ₄ (C) - AMOSTRA INÓCULO	89
FIGURA 3.11 – VOLUME ACUMULADO DE BIOGÁS (A), TAXA DE GERAÇÃO (B) E PERCENTUAL DE CH ₄ (C) - AMOSTRA PONTO 1	90
FIGURA 3.12 – VOLUME ACUMULADO DE BIOGÁS (A), TAXA DE GERAÇÃO (B) E PERCENTUAL DE CH ₄ (C) - AMOSTRA PONTO 5	91
FIGURA 3.13 – VOLUME ACUMULADO DE BIOGÁS (A), TAXA DE GERAÇÃO (B) E PERCENTUAL DE CH ₄ (C) - AMOSTRA PONTO 6	92
FIGURA 3.14 – VOLUME ACUMULADO DE BIOGÁS (A), TAXA DE GERAÇÃO (B) E PERCENTUAL DE CH ₄ (C) - AMOSTRA PONTO 7	94
FIGURA 3.15 – VOLUME ACUMULADO DE BIOGÁS (A), TAXA DE GERAÇÃO (B) E PERCENTUAL DE CH ₄ (C) - AMOSTRA PONTO 8	95
FIGURA 3.16 – VOLUME ACUMULADO DE BIOGÁS (A), TAXA DE GERAÇÃO (B) E PERCENTUAL DE CH ₄ (C) - AMOSTRA PONTO 9	96
FIGURA 3.17 – VOLUME ACUMULADO DE BIOGÁS (A), TAXA DE GERAÇÃO (B) E PERCENTUAL DE CH ₄ (C) - AMOSTRA PONTO NOVO	97
FIGURA 3.18 – VOLUME ACUMULADO DE BIOGÁS (A), TAXA DE GERAÇÃO (B) E PERCENTUAL DE CH ₄ (C) - AMOSTRA PONTO NOVO 01	98

FIGURA 3.19 – VOLUME ACUMULADO DE BIOGÁS (A), TAXA DE GERAÇÃO (B) E PERCENTUAL DE CH ₄ (C)	
- AMOSTRA PONTO NOVO 02.....	99
FIGURA 3.20 – VOLUME ACUMULADO DE BIOGÁS (A), TAXA DE GERAÇÃO (B) E PERCENTUAL DE CH ₄ (C)	
- AMOSTRA PONTO NOVO 03.....	100
FIGURA 3.21 – VOLUME ACUMULADO DE BIOGÁS (A), TAXA DE GERAÇÃO (B) E PERCENTUAL DE CH ₄ (C)	
- AMOSTRA PONTO NOVO 04.....	101
FIGURA 3.22 – VOLUME ACUMULADO DE BIOGÁS (A), TAXA DE GERAÇÃO (B) E PERCENTUAL DE CH ₄ (C)	
- AMOSTRA PONTO NOVO 05.....	102
FIGURA 3.23 – VOLUME ACUMULADO DE BIOGÁS (A), TAXA DE GERAÇÃO (B) E PERCENTUAL DE CH ₄ (C)	
- AMOSTRA PONTO NOVO 06.....	103
FIGURA 3.24 – TAXA MÁXIMA DE GERAÇÃO DE BIOGÁS (ML/DIA).....	107

Índice de Quadro

QUADRO 2.1 – COORDENADAS DOS ENSAIOS SPT E DRENOS INSTALADOS.	17
QUADRO 2.2 – COORDENADAS DOS ENSAIOS DE PLACA DE FLUXO.	18
QUADRO 2.3 – DATA DE INSTALAÇÃO, PROFUNDIDADE, DIAS DE MONITORAMENTO E SITUAÇÃO ATUAL DOS DRENOS	33
QUADRO 2.4 – DRENO P01 – MONITORAMENTO DO BIOGÁS.....	35
QUADRO 2.5 – DRENO P05 – MONITORAMENTO DO BIOGÁS.....	37
QUADRO 2.6 – DRENO P06 – MONITORAMENTO DO BIOGÁS.....	39
QUADRO 2.7 – DRENO P07 – MONITORAMENTO DO BIOGÁS.....	40
QUADRO 2.8 – DRENO P08 – MONITORAMENTO DO BIOGÁS.....	42
QUADRO 2.9 – DRENO P09 – MONITORAMENTO DO BIOGÁS.....	43
QUADRO 2.10 – DRENO PFERRO – MONITORAMENTO DO BIOGÁS.....	45
QUADRO 2.11 – DRENO PN – MONITORAMENTO DO BIOGÁS	46
QUADRO 2.12 – DRENO PN 01 – MONITORAMENTO DO BIOGÁS	48
QUADRO 2.13 – DRENO PN 02 – MONITORAMENTO DO BIOGÁS	49
QUADRO 2.14 – DRENO PN 03 – MONITORAMENTO DO BIOGÁS	50
QUADRO 2.15 – DRENO PN 04 – MONITORAMENTO DO BIOGÁS	51
QUADRO 2.16 – DRENO PN 05 – MONITORAMENTO DO BIOGÁS	53
QUADRO 2.17 – DRENO PN 06 – MONITORAMENTO DO BIOGÁS	54
QUADRO 2.18 – RESUMO DO MONITORAMENTO DO BIOGÁS – VAZÕES E CONCENTRAÇÕES INICIAIS E FINAIS POR DRENO	57
QUADRO 2.19 – RESUMO DOS FLUXOS E CONCENTRAÇÕES FINAIS DE GASES NAS PLACAS DE FLUXO.	61

Índice de Tabelas

TABELA 3.1 - QUANTIDADE E TIPO DE ANÁLISE POR AMOSTRA	75
TABELA 3.2 - CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS	77
TABELA 3.3 - RESULTADOS DE UMIDADE E SÓLIDOS VOLÁTEIS DAS AMOSTRAS.....	82
TABELA 3.4 - RESULTADOS DE UMIDADE, SÓLIDOS VOLÁTEIS E TAXA DE GERAÇÃO DE BIOGÁS.....	104

1 PREÂMBULO

Apresenta-se no presente documento os resultados dos levantamentos de campo referentes à pesquisa de biogás e coleta de amostras de resíduos para ensaios de laboratório complementares ao estudo e potencial de geração de biogás no antigo lixão do Roger em João Pessoa, PB, no âmbito do Contrato Administrativo nº 02.012/2021 – UEP/SEGGOV, firmado entre a Prefeitura Municipal de João Pessoa/PB e o Consórcio Terra-Promon para o desenvolvimento dos "ESTUDOS E PROJETOS DE RECUPERAÇÃO AMBIENTAL DO LIXÃO DO ROGER E A ELABORAÇÃO DE PROJETOS PARA A CRIAÇÃO DO PARQUE SOCIOAMBIENTAL, na Cidade de João Pessoa, estado da Paraíba (PB), na sequência da proposta formulada pelo consórcio consultor para efeito do prosseguimento da decisão sobre alternativas a adotar na desgaseificação do maciço.

Salienta-se que a pesquisa durou mais de 78 dias tendo em consideração que a estabilização das medições foi lenta e, para assegurar o estado estacionário das medições de vazão do biogás e do seu conteúdo obrigou a equipe a permanecer no local muito mais tempo do que o previamente estimado. Esta incerteza decorre dos fenômenos de metabolização presentes e indiferentes à vontade dos pesquisadores.

O trabalho foi realizado por uma equipe pluridisciplinar, adiante identificada na Tabela da Equipe de trabalho.

João Pessoa, 14 de dezembro de 2022

O Coordenador Geral



Prof. Doutor Mário Russo

2 INTRODUÇÃO

Este relatório apresenta as atividades desenvolvidas no período de setembro a novembro de 2022 para investigação do biogás no antigo Lixão do Roger, considerando sua presença na massa de resíduos e emissões pela camada de cobertura. Estes estudos foram conduzidos através de ensaios de campo e laboratório. Este relatório contém tipos, quantidades, localização geográfica dos ensaios realizados, além dos resultados obtidos que permitem uma avaliação do biogás no antigo lixão do Roger.

Assim, o relatório está subdividido em atividades de campo e de laboratório listados abaixo:

a) Atividades de Campo:

- i) Acompanhamento da realização de 13 furos de sondagens SPT com a coleta de amostras para a realização de ensaios de laboratório (umidade, sólidos voláteis e Potencial Bioquímico de Metano (BMP)), além da instalação dos drenos de gases para o monitoramento do fluxo e concentração dos gases (CO_2 , CH_4 , H_2S e O_2);
- ii) Medição das emissões fugitivas pela camada de cobertura do aterro, através de 12 ensaios de placa em toda a área do aterro de acordo com a instalação de cada dreno;
- iii) Monitoramento do fluxo e concentração dos gases (CO_2 , CH_4 , H_2S e O_2) nos 12 furos de sondagens até à data de 23 de novembro de 2022;

b) Atividades de Laboratório:

- i) Realização dos ensaios de laboratório de acordo com as coletas de amostras realizadas nos furos de sondagem, conforme descrito abaixo:
 - a. 42 caracterizações;
 - b. 34 ensaios de teor de umidade;
 - c. 34 ensaios de teor de sólidos voláteis;
 - d. 34 ensaios de Potencial Bioquímico de Metano (BMP);

Informa-se que as sondagens, devido a problemas intrínsecos aos resíduos e ao metabolismo presente na degradação da matéria orgânica e às condições desta no maciço, obrigaram a alterações operacionais dada a baixa

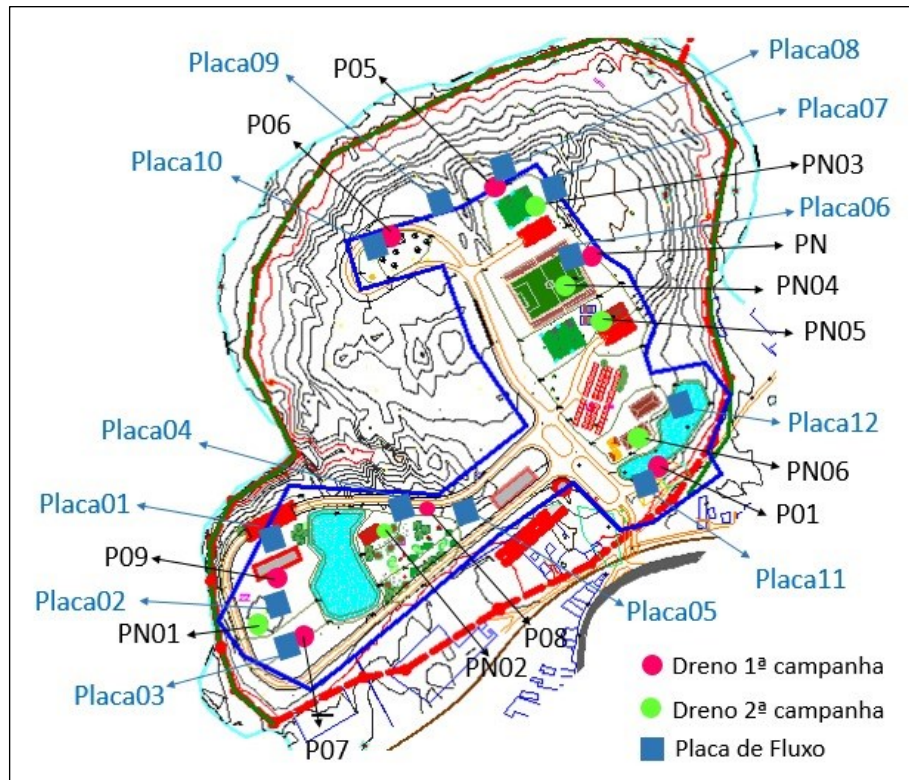
velocidade de estabilização das vazões e da característica do biogás, foram realizadas em 2 campanhas. A 1ª campanha ocorreu no período de 06 de setembro até 21 de setembro com a realização de 7 (sete) ensaios de Sondagem à Percussão SPT, denominados P01- novo, P01, P05, P06, P07, P08 e P09. A 2ª campanha ocorreu no período de 26 de outubro até 3 de novembro e foram realizados 6 (seis) ensaios de Sondagem à Percussão SPT, denominados PN01, PN02, PN03, PN04, PN05 e PN06.

3 ENSAIOS DE CAMPO - DRENOS DO BIOGÁS E PLACA DE FLUXO

O lixão do Roger foi encerrado em 2003, após estar em atividade por cerca de 50 anos, o que quer dizer que os resíduos mais novos ali dispostos têm mais de 20 anos e os mais antigos cerca de 70 anos. Com estas idades, a maior parte da matéria orgânica terá sido metabolizada, tendo gerado biogás que se escapou para a atmosfera ou ficou nos interstícios dos resíduos sólidos, no lixão. Com efeito, as condições de precipitação e temperatura favoráveis, aceleram as reações de degradação metabólica da fração orgânica, sugerindo uma previsão de baixos valores de vazão pelos drenos, concentração e emissões de gases de efeito estufa (GEE). No entanto para fins de projeto e uso do lixão para fins de uso pela comunidade, não basta a suposição, mas a necessidade de se terem certezas quanto à extensão desse biogás existente, para o que se procedeu à realização de ensaios de campo e de laboratório com a finalidade de investigar os gases existentes na massa de resíduos (concentrações e vazões), emissões fugitivas de biogás pela camada de cobertura e potencial de geração de biogás dos resíduos orgânicos biodegradáveis remanescentes na massa de lixo. Para tanto foram instalados 13 drenos de monitoramento de biogás na área do antigo lixão do Roger, realizados 12 ensaios de placa de fluxo para avaliação das emissões fugitivas e, durante a realização das sondagens para instalação dos drenos, foram coletados os resíduos para ensaios de laboratório: ensaios de umidade, sólidos voláteis e BMP (Biochemical Methane Potencial).

Inicialmente, para a locação dos drenos de monitoramento de biogás em campo e ensaios de placa de fluxo, foi utilizado como base a proposta de locação do projeto arquitetônico do parque socioambiental, conforme apresentado na Figura 3.1.

Figura 3.1 – Locação dos drenos de monitoramento de biogás e dos ensaios de placa de fluxo no projeto arquitetônico do parque



Fonte: Autores (2022).

3.1 LOCAÇÃO DOS ENSAIOS DE CAMPO

3.1.1 LOCAÇÃO E INSTALAÇÃO DE DRENOS E COLETA DE RESÍDUOS PARA ENSAIOS LABORATORIAIS

A locação dos pontos de realização dos ensaios foi baseada, preliminarmente, no georreferenciamento do projeto de arquitetura sob as áreas objeto de construções do parque. Nas campanhas de ensaios de campo foram locados 13 pontos, dos quais, executou-se o ensaio SPT e a instalação dos drenos para monitoramento dos gases na massa de resíduos.

A Figura 3.2 apresenta a locação das sondagens SPT realizadas na 1ª campanha.

Figura 3.2 – Locação das sondagens SPT na 1ª campanha.



Fonte: Autores (2022).

A execução das sondagens e instalação dos drenos na 1ª campanha foi realizada entre o dia 06 de setembro e 21 de setembro de 2022.

A Figura abaixo apresenta a locação das sondagens SPT realizadas na 2ª campanha.

Figura 3.3 – Locação das sondagens SPT na 2ª campanha.



Fonte: Autores (2022).

A execução das sondagens e instalação dos drenos na 2ª campanha compreendeu o período de 26 de outubro de 2022 a 03 de novembro de 2022.

A Figura 3.4 apresenta a locação de todas as sondagens SPT realizadas no lixão do Roger.

Figura 3.4 – Locação das sondagens SPT lixão do Roger.



Fonte: Autores (2022).

Apresenta-se no Quadro 3.1 as coordenadas dos ensaios SPT onde foram instalados os drenos para monitoramento dos gases.

Quadro 3.1 – Coordenadas dos Ensaios SPT e drenos instalados.

Localização		Coordenadas Geográficas	
		Longitude (GMS)	Latitude (GMS)
1ª Campanha	P01	S 7° 6'27.32"	W 34°53'0.37"
	P05	S 7° 6'18.40"	W 34°53'6.36"
	P06	S 7° 6'19.56"	W 34°53'9.01"
	P07	S 7° 6'32.83"	W 34°53'11.98"
	P08	S 7° 6'28.82"	W 34°53'8.10"
	P09	S 7° 6'31.19"	W 34°53'13.08"
	PN	S 7° 6'20.42"	W 34°53'2.44"
2ª Campanha	PN01	S 7° 6'32.20"	W 34°53'13.36"
	PN02	S 7° 6'29.56"	W 34°53'9.53"
	PN03	S 7° 6'18.62"	W 34°53'4.40"
	PN04	S 7° 6'21.06"	W 34°53'3.10"
	PN05	S 7° 6'22.36"	W 34°53'1.86"
	PN06	S 7° 6'26.66"	W 34°53'0.94"

Fonte: Autores (2022).

3.1.2 LOCAÇÃO DOS ENSAIOS DE PLACA DE FLUXO

Na corrente campanha de ensaio de campo foram realizados 12 ensaios de placa de fluxo. A distribuição da locação das placas se deu após inspeção visual in situ para qual levou-se em consideração as condições geotécnicas da camada de cobertura (ausência de fissura/rachadura, baixo grau de umidade), bem como o projeto arquitetônico e a locação das estruturas do parque. No Quadro 3.2 apresentam-se as coordenadas dos ensaios de placa de fluxo.

Quadro 3.2 – Coordenadas dos Ensaio de placa de fluxo.

Localização	Coordenadas Geográficas	
	Longitude (GMS)	Latitude (GMS)
P01	S 7° 6'29.46"	W 34°53'13.26"
P02	S 7° 6'31.38"	W 34°53'12.80"
P03	S 7° 6'32.69"	W 34°53'12.14"
P04	S 7° 6'28.58"	W 34°53'9.20"
P05	S 7° 6'28.54"	W 34°53'6.90"
P06	S 7° 6'20.33"	W 34°53'2.62"
P07	S 7° 6'17.84"	W 34°53'4.16"
P08	S 7° 6'18.20"	W 34°53'6.33"
P09	S 7° 6'18.90"	W 34°53'7.85"
P10	S 7° 6'20.09"	W 34°53'9.37"
P11	S 7° 6'27.31"	W 34°53'0.23"
P12	S 7° 6'25.10"	W 34°52'59.85"

Fonte: Autores (2022).

A Figura 2.5 apresenta a localização dos ensaios de placa de fluxo.

Figura 3.5 – Locação dos ensaios de placa de fluxo.



Fonte: Autores (2022).

Os ensaios de placa de fluxo foram realizados nos dias 19, 20 e 21 de outubro de 2022.

3.2 METODOLOGIA DOS ENSAIOS DE CAMPO

3.2.1 DRENO PARA MONITORAMENTO DOS GASES

A finalidade da sondagem SPT além de investigar as características do solo possibilitando a análise do perfil geotécnico através da coleta e análise do material em laboratório e índices de resistência à penetração, possibilita na abertura realizada com tubos de revestimentos, a instalação de dreno para monitoramento dos gases na massa de resíduos.

A instalação dos drenos tem como finalidade realizar o monitoramento dos gases existente na massa de resíduos do antigo lixão do Roger em João Pessoa-PB.

A Tabela 3.1 apresenta a sequência das imagens ilustrando o passo a passo da instalação dos drenos nas perfurações do ensaio SPT.

Tabela 3.1 - Sequência da instalação do dreno de monitoramento dos gases.

 <i>Realização da sondagem SPT com coleta de material para análise em laboratório e posterior instalação do dreno.</i>	
 <i>Coleta da amostra para realização dos ensaios de sólidos voláteis e BMP em laboratório.</i>	

 <i>Detalhe do dreno, cano de ½" PVC com cap na extremidade, utilizadas varas de cano perfuradas de 2m roscável e conectados com luva roscável.</i>	Luva roscável   Cap roscável	
 <i>Colocação do dreno na abertura do ensaio SPT</i>		
 <i>Colocação de brita no entorno do dreno até preenchimento total do furo de sondagem.</i>	Brita até preenchimento total da perfuração	



*Realização da leitura
da velocidade e temperatura do
gás com o termoanemômetro.*



*Medição dos gases
com equipamento drager.*

Medição dos gases:

CH₄

CO₂

O₂

H₂S



Fonte: Autores (2022).

Identifica-se no Quadro 3.1 as características de cada equipamento, os quais são ilustrados na Figura 3.

Quadro 3 – Características dos equipamentos de medição dos drenos

Equipamento		Parâmetro	Faixa de medição	Faixa de erro do equipamento
Termoanemômetro Akrom AK833		velocidade do gás	0,1 – 35 m/s	±7,0%
		Temperatura	0 a 50 °C	±1°C
Dräger X-am 8000	CO2	Concentração	0 -100%	±2,0%
	CH4		0 -100%	±5,0%
	H2S		0 – 500 ppm	±5,0%
	O2		0 - 25%	±1,0%

Fonte: GRS.

Figura 3 – Equipamentos utilizados para monitoramento dos drenos.

 Medidor de gases	 Termoanemômetro – medidor de velocidade e temperatura do biogás
--	--

Fonte: Autores (2022).

A determinação da vazão nos drenos instalados no lixão do Roger foi baseada na Norma BSI 1042-2.3 – 1998 – Measurement of Fluid flow in closed conduits. Velocity area methods. Methods of flow measurement in swirling or asymmetric flow conditions in circular ducts by means of currentmeters or Pilot statis tubes, conforme Equação 1:

$$Q = v . A \text{ [m}^3\text{.s}^{-1}\text{]}$$

Equação 1

Na qual:

Q = vazão do biogás (m³/s);

v = velocidade do gás (m/s);

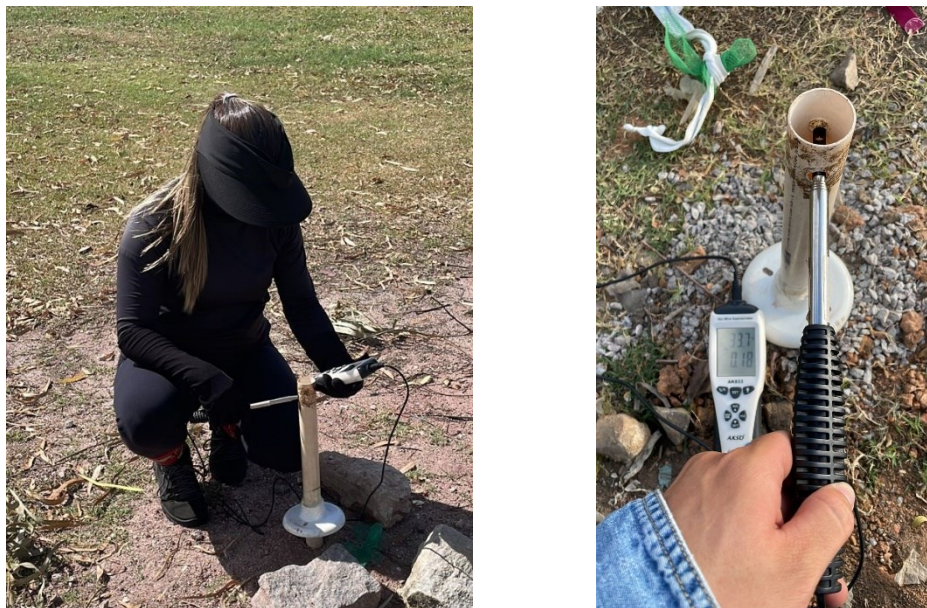
A = área da seção em que passa o fluxo do gás, no caso, seção do tubo de PVC, igual a 0,037m.

O procedimento consiste em:

- i) Acoplamento de um tubo de PVC com 0,037 m de diâmetro, 0,5 m de comprimento, e perfurado abaixo do seu final para colocação da haste do termoanemômetro;
- ii) Colocar o termoanemômetro no orifício e esperar a leitura estabilizar, para então, finalmente registrar a velocidade, observando sempre a influência dos ventos na leitura.

A Figura 3 apresenta a medição no dreno da velocidade e temperatura do gás com o termoanemômetro.

Figura 3 – Equipamento termoanemômetro para monitoramento da velocidade e temperatura.



Fonte: Autores (2022).

As definições prévias da locação dos drenos foram baseadas na setorização do parque, conforme Figura abaixo, buscando uma melhor distribuição dos drenos em áreas estratégicas.

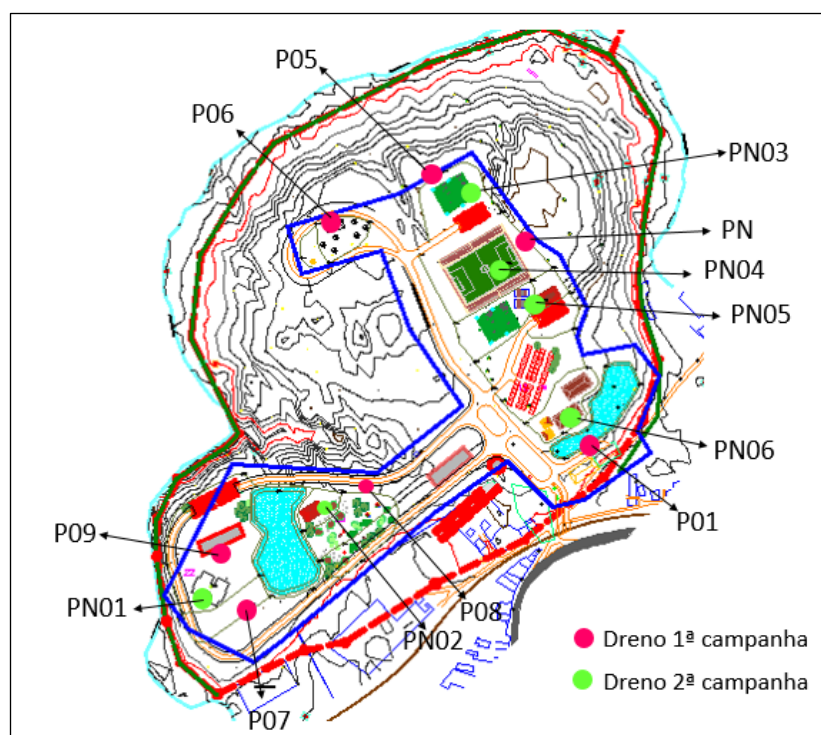
Figura 3 – Proposta de setorização do parque de João Pessoa.



Fonte: Autores (2022).

A Figura 3 indica uma representação esquemática da sobreposição dos drenos no projeto arquitetônico do parque socioambiental.

Figura 3 – Locação dos drenos no projeto arquitetônico do parque.



Fonte: Autores (2022).

3.2.2 ENSAIO DE PLACA DE FLUXO

O ensaio da placa de fluxo tem como objetivo a medição das emissões de biogás pela camada de cobertura. No Quadro 3 estão apresentadas as características de cada equipamento, incluindo os parâmetros, faixas de medição e percentuais de erros.

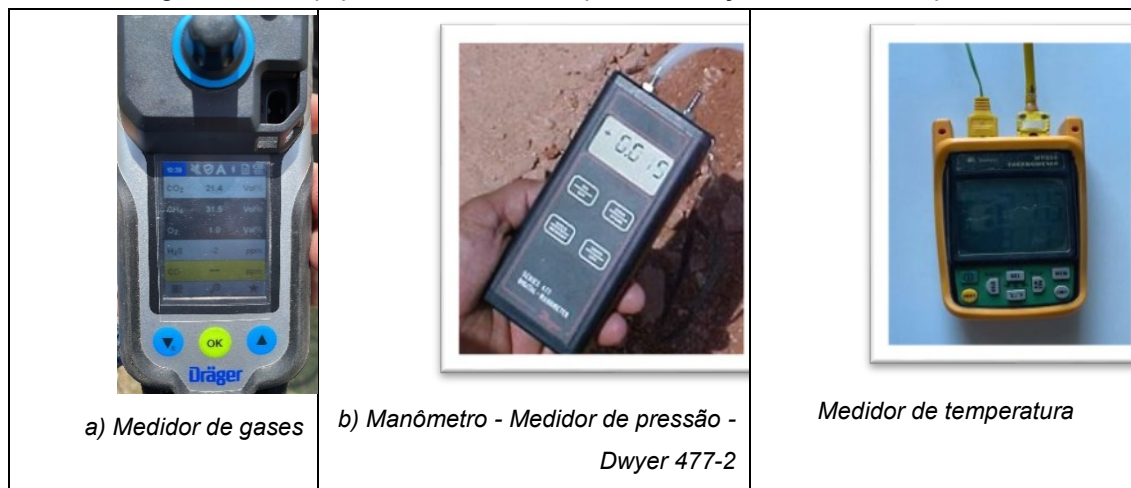
Quadro 3 – Características dos equipamentos de medição do biogás.

Equipamento	Parâmetro		Faixa de medição	Faixa de erro do equipamento
Dräger X-am 7000 Dräger X-am 8000	concentração	CO ₂	0 -100%	±2,0%
		CH ₄	0 -100%	±5,0%
		O ₂	0 – 25%	±1,0%
		H ₂ S	0 – 500 ppm	±5,0%
Dwyer 477-2	pressão		0 – 10 kPa	±1,0%
Termometer Minipa MT-525	temperatura		-100 a 1.300°C	±0,1%

Fonte: Autores (2022).

Os equipamentos empregados para realização do ensaio de placa de fluxo estão ilustrados na Figura 3.6.

Figura 3.6 – Equipamentos utilizados para realização do ensaio de placa de fluxo.



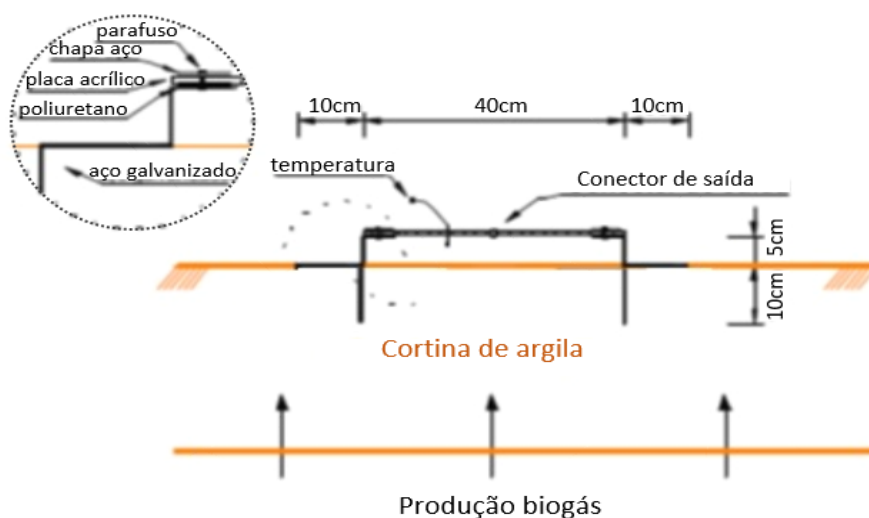
Fonte: Autores (2022).

As determinações dos fluxos dos gases CH₄ e CO₂, através da camada de cobertura no Lixão do Roger em João Pessoa/PB, foram realizadas com base na metodologia do ensaio com placa de fluxo estática descrita na literatura

(MACIEL, 2003). A placa para determinação dos fluxos de gases é construída lateralmente de aço galvanizado com 2mm de espessura.

O topo da placa é em acrílico cristal com 8mm de espessura. O topo de acrílico é fixado na parte metálica com dois parafusos em cada vértice da caixa, mais um em cada lateral e vedado com espuma de poliuretano de alta densidade. A placa tem formato de degrau para garantir que, ao ser cravada na camada de cobertura, evite a entrada de ar atmosférico para o interior da caixa, induzido pelo vento, além de facilitar a sua cravação no solo, conforme Figura 3.

Figura 3 – Esquema da placa de fluxo



Fonte: Adaptado de Mariano (2008).

A instalação da placa de fluxo segue o seguinte procedimento:

- 1) Inicialmente coloca-se a placa no local do ensaio e demarca-se o seu perímetro (0,40m x 0,40m);
- 2) Retira-se a placa do local e, na marcação, escava-se com o auxílio de uma talhadeira uma pequena vala para início da cravação da placa;
- 3) Após esta escavação, coloca-se novamente o equipamento no local e pressiona-se a caixa no solo de forma que a cravação seja vertical, com o conector de saída aberto, de maneira que não ocorra acúmulo de gases no interior da placa;
- 4) Após a cravação da placa, coloca-se uma camada de solo sobre as suas abas e o compacta manualmente, visando o isolamento dos gases contidos na câmara com o meio externo;

- 5) Acopla-se todos os equipamentos nos conectores de saída da câmara;
- 6) A leitura da concentração dos gases na placa de fluxo estática inicia-se logo após a sua cravação, e este momento deve ser considerado o instante inicial de cada ensaio. As leituras devem ser feitas durante um período mínimo de 30 minutos, podendo chegar a 60 minutos;
- 7) Ao terminar as leituras, remove-se a placa de fluxo do local de ensaio.

Algumas observações devem ser consideradas para a realização efetiva do ensaio, a saber:

- (i) O ensaio deve ser realizado com o solo não saturado, pois a saturação dos poros pela água impossibilita o fluxo do gás nos espaços vazios.
- (ii) A área escolhida para realização do ensaio não deve apresentar rachaduras ou trincas, pois isto facilita o fluxo dos gases e fornece uma informação errônea do fluxo de gases da célula.
- (iii) É fulcral a realização do ensaio em diferentes pontos da camada de cobertura, a fim de fornecer uma amostragem e resultados mais confiáveis e reais do fluxo de biogás.

A Tabela 2.2 **Erro! A origem da referência não foi encontrada.** apresenta a sequência das imagens ilustrando o passo a passo da instalação da placa de fluxo e realização da medição.

Tabela 3.2- Sequência da instalação da placa de fluxo e medição.

Com auxílio de uma talhadeira, faz-se a cravação da placa.	
---	--

 Placa cravada e disposição de solo nas abas visando o isolamento dos gases contido na câmara.	
 Equipamentos utilizados para medição do fluxo de gás.	
 Realização da leitura.	

Fonte: Autores (2022).

O Quadro 2.3 apresenta o formulário para apontamento dos dados obtidos em campo. A partir dessas informações calcula-se os fluxos dos gases pela camada de cobertura.

Quadro 3.3 – Modelo de planilha de campo para ensaio de placa de fluxo

CAMADA DE COBERTURA							
PONTO:							
LATITUDE:			LONGITUDE:				
ora	CH 4 (%)	CO 2 (%)	H ₂ S (ppm)	O 2 (%)	T _i (°C)	T _e (°C)	P _i (kPa)

Fonte: GRS.

Na qual:

CH₄: Metano;

CO₂: Dióxido de carbono;

H₂S: Gás sulfídrico;

O₂: Oxigênio;

T_i e T_e: Temperaturas interna e externa;

P_i: Pressão interna.

A partir dos dados obtidos em cada ensaio, determina-se o fluxo mássico de gás conforme a Equação 2.

$$J = \frac{V_p \rho_{gás}}{A} \frac{\Delta C}{\Delta t} \quad [\text{M.L}^{-1}.\text{T}^{-1}]$$

Equação 2

Na qual:

V_p = Volume da placa = 0,008m³;

A = Área da Placa = 0,16 m²;

ρ_{gás} = Densidade do gás a uma dada temperatura [M.L⁻³];

ΔC/Δt = Variação da concentração do gás (% vol.) com o tempo.

Segundo Maciel (2003), “para facilitar o procedimento de cálculo, uma vez que o fluxo (J) decresce com o decorrer do ensaio, recomenda-se que as curvas de variação de concentração do gás com o tempo sejam representadas em termos mássicos (ΔM/Δt)”. Nesse sentido, utiliza-se a densidade corrigida dos gases (CH₄ e CO₂) em função das leituras das temperaturas internas durante o ensaio de placa de fluxo, considerando que:

$$\rho_{CH_4}(t) = \frac{\rho_{CH_4}(0^\circ C) \times 273}{[273 + t(^{\circ}C)]}$$

Equação 3

$$\rho_{CO_2}(t) = \frac{\rho_{CH_4}(t^{\circ}C) \times PM_{CO_2}}{PM_{CH_4}}$$

Equação 4

Nas quais:

$\rho_{CH_4}(t)$ = densidade do CH₄ em função da temperatura (°C);

$\rho_{CH_4} = 0,716 \text{ kg/m}^3$;

$\rho_{CO_2}(t)$ = densidade do CO₂ em função da temperatura (°C);

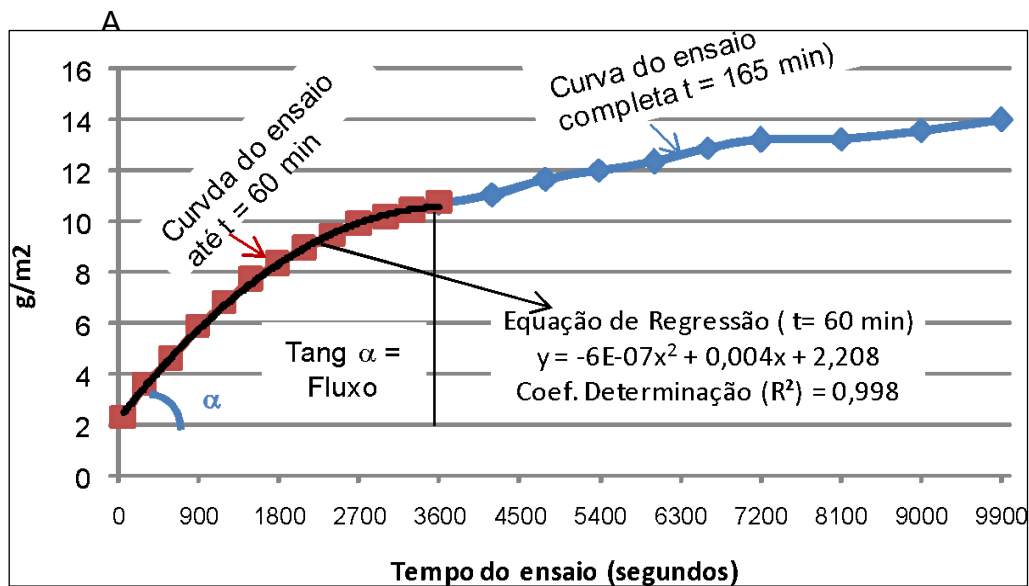
PM_{CO_2} = Peso Molecular do CO₂ = 44;

PM_{CH_4} = Peso Molecular do CH₄ = 16

O fluxo mássico é calculado no intervalo inicial do ensaio para obter a maior taxa de percolação do gás pela camada de cobertura, simulando a condição do aterro de resíduos, onde a camada de cobertura fica em contato com a atmosfera e, conseqüentemente, ocorrem os gradientes máximos de pressão e concentração.

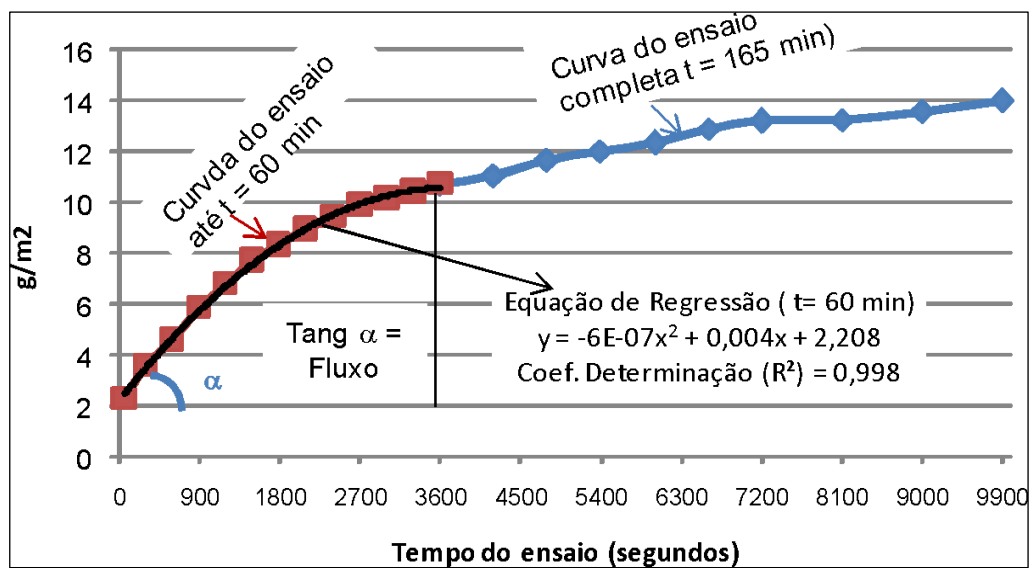
O procedimento para a determinação do fluxo em cada ensaio é o seguinte:

- Correção da densidade do gás em função da temperatura no instante “t” do ensaio;
- Cálculo da massa do gás para cada tempo “t” do ensaio;
- Construção do gráfico Massa [M.L⁻²] x Tempo [T]
- Determinação da equação para o fluxo considerando o tempo $t_{\text{máx}}$ igual a “t” = 60 minutos;
- Determinação da equação de regressão com coeficiente de determinação $\geq 95\%$;
- Determinação do fluxo.



apresenta o esquema adotado para o cálculo do fluxo.

Figura 3 – Esquema do cálculo de fluxo



Fonte: Mariano e Jucá (2010).

3.3 RESULTADOS – ENSAIOS DE CAMPO

3.3.1 MONITORAMENTO DOS GASES – DRENOS DE GASES

O Quadro 3.4 apresenta a data de instalação, profundidade do dreno, dias de monitoramento e situação atual de cada dreno e a Figura 3.7 apresenta a localização dos Drenos de Monitoramento

Quadro 3.4 – Data de Instalação, Profundidade, dias de monitoramento e situação atual dos drenos

	Dreno	Data de instalação	Final da Leituras	Profundidade (m)	Período de Monitoramento	Situação
1ª Campanha	P01	06/set	23/nov	3,20	78	Ativo
	P05	08/set	23/nov	4,00	76	Ativo
	P06	12/set	23/nov	4,00	72	Ativo
	P07	19/set	31/out	2,30	42	Danificado em 31/10/2022
	P08	15/set	10/nov	4,00	56	Danificado em 10/11/2022
	P09	13/set	06/out	2,00	23	Danificado em 06/10/2022
	Pferro	16/set	23/nov	10,00		Dreno existente na área - Ativo
	PN	21/set	23/nov	4,90	63	Ativo
2ª Campanha	PN 01	31/out	23/nov	8,00	23	Ativo
	PN 02	29/out	23/nov	8,00	25	Ativo
	PN 03	03/nov	23/nov	8,00	20	Ativo
	PN 04	28/out	23/nov	2,00	26	Ativo
	PN 05	26/out	23/nov	5,00	28	Ativo
	PN 06	01/nov	23/nov	8,00	22	Ativo

Fonte: Autores (2022).

Figura 3.7 – Localização dos drenos de Monitoramento - lixão do Roger.



Fonte: Autores (2022).

Para uma melhor compreensão do comportamento, inicialmente será analisado cada ponto de monitoramento de gases de forma isolada e posteriormente, será realizada uma análise geral da área. Assim, para cada Dreno de Monitoramento será apresentado um quadro com a leitura de cada gás e um gráfico com vazão de biogás e concentração de CH₄ (4%) ao longo do tempo com suas respectivas análises.

3.3.1.1 Análise Individual

a) Dreno P01:

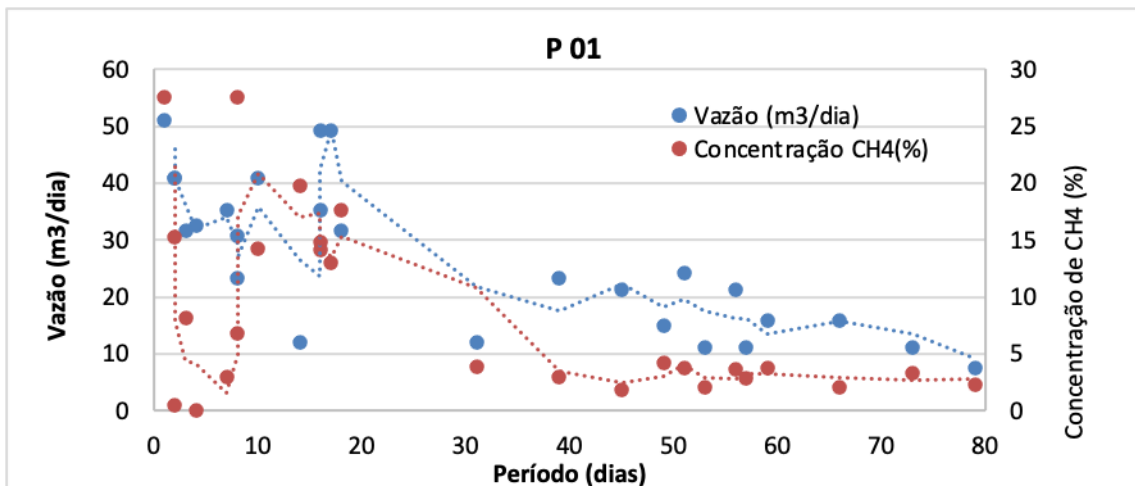
Data de Instalação: 06 de setembro de 2022. Profundidade 3,20 metros. 78 dias de monitoramento. Coordenadas: Latitude: S 7° 6'27.32"; Longitude: W 34°53'0.37".

Quadro 3.5 – Dreno P01 – Monitoramento do Biogás

Dreno - P 01			Concentração do Biogás			
Data	Dias	Vazão (m3/dia)	CH4(%)	CO2 (%)	O2 (%)	H2S (ppm)
06/set	1	51,09	27,5	10,2	12,0	0,0
07/set	2	40,88	15,2	5,4	16,2	0,0
08/set	3	31,59	8,2	3,2	18,5	0,0
09/set	4	32,51	0,0	0,0	0,0	0,0
12/set	7	35,30	3,0	1,8	19,2	0,0
13/set	8	30,66	27,5	14,5	8,2	0,0
15/set	10	40,88	14,2	8,8	12,9	0,0
19/set	14	12,08	19,8	8,8	10,8	0,0
21/set	16	35,30	14,8	7,8	12,1	0,0
21/set	16	49,24	14,1	7,1	13,2	0,0
22/set	17	49,24	13,0	7,1	13,2	0,0
23/set	18	31,59	17,6	9,2	11,1	0,0
06/out	31	12,08	3,9	3,3	17,6	0,0
14/out	39	23,22	3,0	2,0	19,1	0,0
20/out	45	21,37	1,8	1,4	20,1	0,0
24/out	49	14,86	4,2	3,0	17,4	0,0
26/out	51	24,15	3,8	3,4	16,9	0,0
28/out	53	11,15	2,1	1,9	19	0
31/out	56	21,37	3,6	3,1	16,9	0
01/nov	57	11,15	2,9	2,7	17,7	0
03/nov	59	15,79	3,7	-	14,4	0
10/nov	66	15,79	2,1	4,4	17,1	0
17/nov	73	11,15	3,3	6,8	15,5	0
23/nov	79	7,43	2,3	4,2	17,4	0

Fonte: Autores (2022).

Figura 3.8 – Monitoramento dreno P01



Fonte: Autores (2022).

Baseado no Quadro 3.5 e Figura 3.8 observa-se que:

- A vazão do biogás decai ao longo do tempo, indicando que o gás estava aprisionado na massa de lixo e quando foi executado o dreno, apesar de variações pontuais, ocorreu a diminuição consistente do seu valor;
- As concentrações de CH₄ e CO₂ diminuem ao longo do tempo, existe presença de O₂ e que este aumenta ao longo do tempo e não existe H₂S (ppm) na massa de resíduos. Como os drenos estão abertos, ocorrendo uma drenagem natural (passiva), a diminuição de CH₄ e CO₂ e aumento de O₂ indica que o gás acumulado está saindo da massa de resíduos. Isto é confirmado pela diminuição da vazão ao longo do tempo.
- Os valores finais de vazão (m³/dia) e concentração de CH₄ (%), CO₂ (%), O₂ (%) e H₂S (ppm) ao longo do tempo com valores de 7,43 m³/dia e 2,3%, 4,2%, 17,4 % e 0 ppm, respectivamente.

b) Dreno P05:

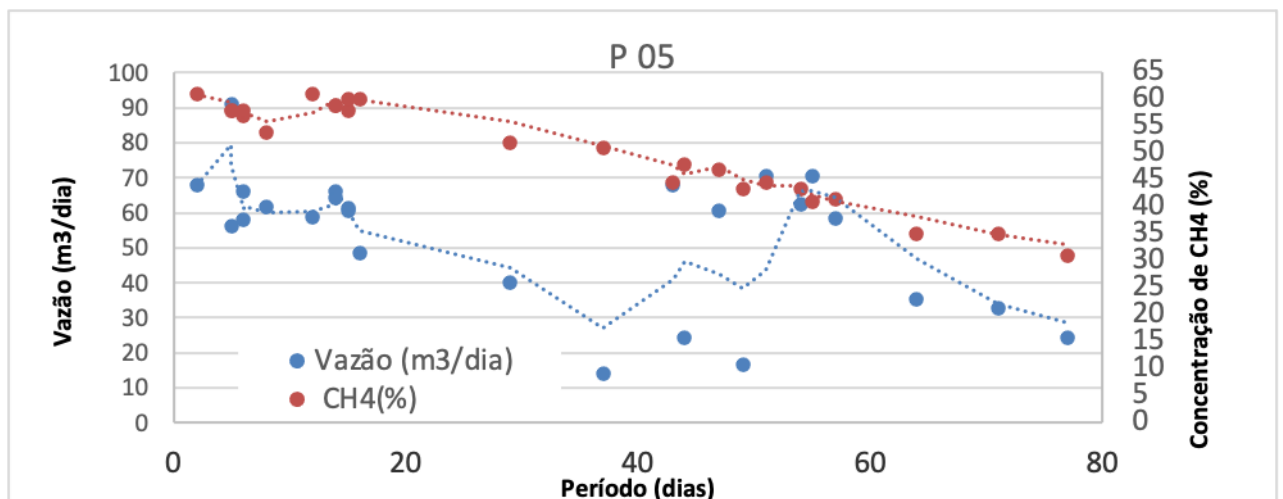
Data de Instalação: 08 de setembro de 2022. Profundidade 4,00 metros. 76 dias de monitoramento. Coordenadas: Latitude: S 7° 6'18.40"; Longitude: W 34°53'6.36".

Quadro 3.6 – Dreno P05 – Monitoramento do Biogás

P 05			Concentração do Biogás			
Data	Dias	Vazão (m3/dia)	CH4(%)	CO2 (%)	O2 (%)	H2S (ppm)
08/set*	1	23,225	0,5	0,0	20,6	0,0
09/set*	2	15,793	0,7	0,0	18,6	0,0
09/set	2	67,816	61,0	32,0	0,2	0,0
12/set	5	91,040	58,0	35,0	0,3	38,4
12/set	5	56,187	58,0	36,0	0,3	36,6
13/set	6	65,958	57,0	35,0	0,4	45,0
13/set	6	58,087	58,0	36,0	0,4	49,4
15/set	8	61,615	54,0	36,0	1,4	16,5
19/set	12	58,901	61,0	28,0	0,7	90,0
21/set	14	65,958	59,0	27,0	0,6	84,0
21/set	14	64,058	59,0	26,0	0,9	83,0
22/set	15	60,384	58,0	27,5	0,6	84,0
22/set	15	61,313	60,0	28,5	0,7	98,0
23/set	16	48,307	60,0	29,0	0,8	86,0
06/out	29	39,946	52,0	27,5	0,8	86,0
14/out	37	13,935	51,0	28,5	0,6	76,0
20/out	43	67,816	44,5	26,5	0,3	68,0
21/out	44	24,154	48,0	27,5	0,5	78,0
24/out	47	60,384	47,0	26,5	0,3	66,0
26/out	49	16,722	43,5	26,5	0,2	70,0
28/out	51	70,603	44,5	26,5	0,3	58,0
31/out	54	62,242	43,5	27,0	0,4	64,0
01/nov	55	70,603	41,0	26,0	0,4	32,0
03/nov	57	58,526	41,5	26,5	0,3	2,0
10/nov	64	35,301	35,0	35,0	0,6	1,6
17/nov	71	32,514	35,0	35,0	0,3	6,0
23/nov	77	24,154	31,0	33,0	0,5	1,8

* Leituras não consideradas, pois foram realizadas em profundidades intermediárias (profundidades de 2 e 3 metros), isto é, antes da finalização dos drenos. Fonte: Autores (2022).

Figura 3.9 – Monitoramento dreno P05



Fonte: Autores (2022).

As leituras foram consideradas a partir da 2ª realizada no dia 09 de setembro, quando a instalação do dreno chegou ao final (profundidade de 4 metros). Baseado no Quadro 3.6 e Figura 3.9 observa-se que:

- A vazão do biogás decai ao longo do tempo, indicando que o gás estava aprisionado na massa de lixo e quando foi executado o dreno, apesar de variações pontuais, ocorreu a diminuição consistente do seu valor;
- A concentrações de CH₄ diminui ao longo do tempo, aproximadamente metade do valor do 3º dia em comparação com a última leitura.
- As concentrações de CO₂ e O₂ se mantêm dentro de uma pequena faixa de variação. Onde O₂ apresenta valores próximos a Zero, indicando um ambiente anaeróbio;
- Existe a presença de H₂S (ppm) na massa de resíduos, porém muito pequenos. As últimas 4 leituras (20 dias) apresentam valores próximo a zero.
- Como os drenos estão abertos, ocorre uma drenagem natural (passiva), a diminuição da vazão e de CH₄ e valores constantes de CO₂ e O₂ indicam que o gás acumulado está saindo da massa de resíduos. Isto é confirmado pela diminuição da vazão ao longo do tempo.
- Os valores finais de vazão (m³/dia) e concentração de CH₄ (%), CO₂ (%), O₂ (%) e H₂S (ppm) ao longo do tempo com valores de 24,15 m³/dia e 31%, 33%, 0,5 % e 1,8 ppm, respectivamente.

c) Dreno P06:

Data de Instalação: 12 de setembro de 2022. Profundidade 4,00 metros. 72 dias de monitoramento. Coordenadas: Latitude: S 7° 6'19.56"; Longitude: W 34°53'9.01".

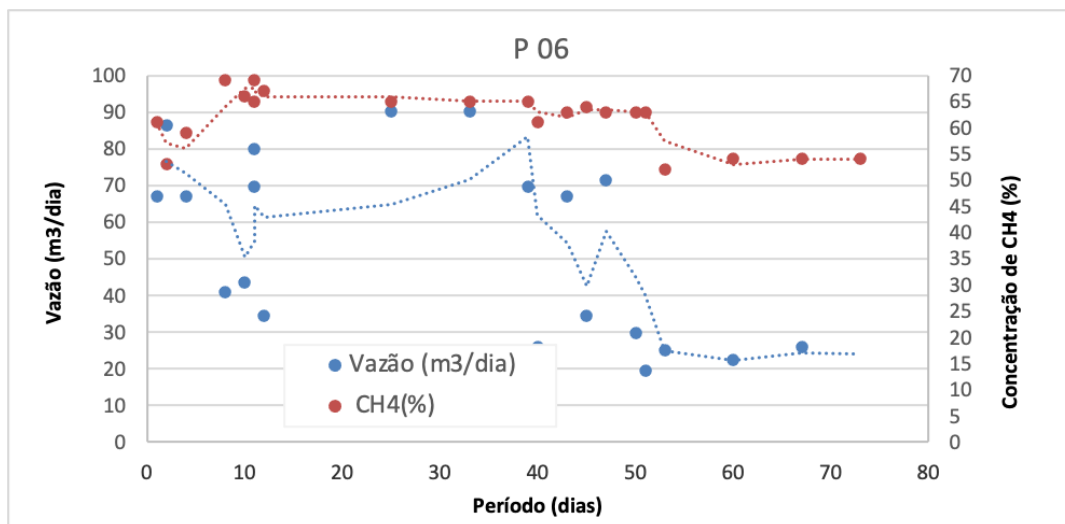
As leituras foram consideradas a partir da 2ª leitura do dia 12 de setembro, quando a instalação do dreno chegou ao final (profundidade de 4 metros), conforme apresentado no Quadro 2.6 e Figura 2.10.

Quadro 3.7 – Dreno P06 – Monitoramento do Biogás

P 06			Concentração do Biogás			
Data	Dias	Vazão (m3/dia)	CH4(%)	CO2 (%)	O2 (%)	H2S (ppm)
12/set	1	23,225	0,4	0,0	20,9	0,0
12/set	1	66,887	61,0	33,0	0,3	0,0
13/set	2	86,395	53,0	28,0	2,8	0,0
15/set	4	66,887	59,0	28,0	0,5	0,8
19/set	8	40,875	69,0	30,5	0,5	32,0
21/set	10	43,662	66,0	30,5	0,9	32,0
22/set	11	79,892	69,0	30,0	0,9	30,0
22/set	11	69,674	65,0	29,5	0,6	32,0
23/set	12	34,372	67,0	30,0	0,8	28,0
06/out	25	90,111	65,0	30,5	0,7	20,0
14/out	33	90,111	65,0	31,0	0,8	28,0
20/out	39	69,674	65,0	31,5	0,7	2,0
21/out	40	26,011	61,0	30,0	0,4	4,0
24/out	43	66,887	63,0	31,0	0,8	4,0
26/out	45	34,372	64,0	32,0	0,4	14,0
28/out	47	71,532	63,0	31,0	0,4	8,0
31/out	50	29,727	63,0	31,5	0,8	18,0
01/nov	51	19,509	63,0	32,0	0,8	12,0
03/nov	53	25,083	52,0	-	0,6	24,0
10/nov	60	22,296	54,0	39,0	0,4	13,0
17/nov	67	26,011	54,0	42,0	0,3	17,2
23/nov	73		54,0	42,0	0,2	21,4

Fonte: Autores (2022).

Figura 3.10 – Monitoramento dreno P06



Fonte: Autores (2022).

- Observa-se uma diminuição da vazão de biogás ao longo do tempo;
- Não foi observado uma redução das concentrações dos gases ao longo do tempo;

- As concentrações de CO₂ e O₂ se mantêm dentro de uma pequena faixa de variação. Onde O₂ apresenta valores próximos a Zero, indicando um ambiente anaeróbio;
- Existe a presença de H₂S (ppm) na massa de resíduos, porém pequenos;
- Os valores finais de vazão (m³/dia) e concentração de CH₄ (%), CO₂ (%), O₂ (%) e H₂S (ppm) ao longo do tempo com valores de 26,01 m³/dia e 54%, 32%, 0,3 % e 21,4 ppm, respectivamente.

d) Dreno P07:

Data de Instalação: 19 de setembro de 2022. Profundidade 3,20 metros. 42 dias de monitoramento. Coordenadas: Latitude: S 7° 6'32.83"; Longitude: W 34°53'11.98". Este dreno foi danificado (retirado do furo) e não foi possível realizar leituras a partir do dia 28/10/22.

As leituras foram consideradas a partir da 2ª leitura do dia 21 de setembro, quando a instalação do dreno chegou ao final (profundidade de 3,2 metros), conforme apresentado no Quadro 3.8 e Figura 3.11.

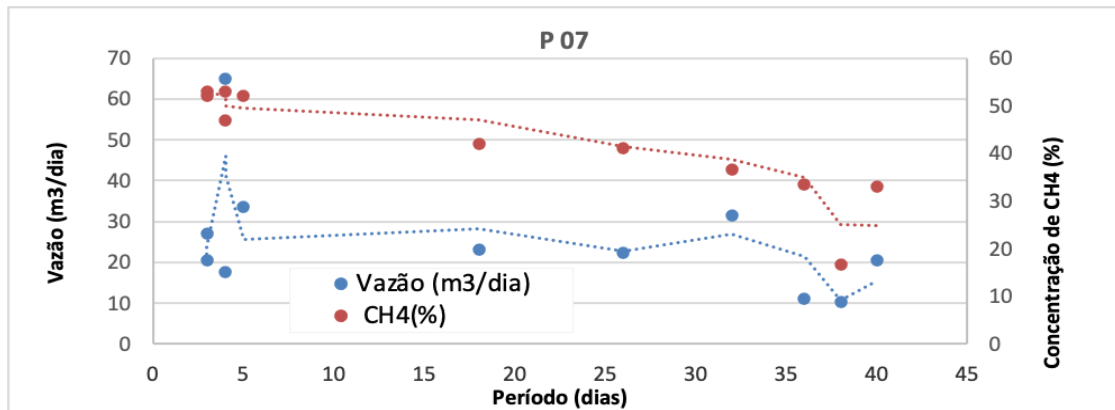
Quadro 3.8 – Dreno P07 – Monitoramento do Biogás

P 07			Concentração do Biogás			
Data	Dias	Vazão (m3/dia)	CH4(%)	CO2 (%)	O2 (%)	H2S (ppm)
19/set	1	29,727	5,2	0,6	18,5	0,0
21/set	3	20,438	53,0	24,6	0,8	0,0
21/set	3	26,940	52,0	23,8	0,7	0,0
22/set	4	65,029	53,0	26,0	0,8	0,0
22/set	4	17,651	47,0	24,8	0,3	0,0
23/set	5	33,443	52,0	26,0	0,7	0,0
06/out	18	23,225	42,0	24,0	0,6	0,0
14/out	26	22,296	41,0	23,6	1,2	0,0
20/out	32	31,585	36,5	21,8	2,6	0,0
24/out	36	11,148	33,5	23,0	2,0	0,0
26/out	38	10,219	16,6	14,8	6,5	0,0
28/out	40	20,438	33,0	22,8	2,8	0,0

DRENO DANIFICADO EM 31/10 (retirado do furo)

Fonte: Autores (2022).

Figura 3.11 – Monitoramento dreno P07



Fonte: Autores (2022).

- A vazão do biogás decai ao longo do tempo, indicando que o gás estava aprisionado na massa de lixo e quando foi executado o dreno, apesar de variações pontuais, ocorreu a diminuição consistente do seu valor. Salienta-se que a última leitura apresentou um aumento desta vazão;
- A concentrações de CH₄ diminui ao longo do tempo, aproximadamente metade do valor do 3º dia em comparação com a penúltima leitura;
- As concentrações de CO₂ e O₂ se mantêm dentro de uma pequena faixa de variação. Onde O₂ apresenta valores próximos a Zero, indicando um ambiente anaeróbio;
- Não há presença de H₂S (ppm) na massa de resíduos.
- Como os drenos estão abertos, ocorre uma drenagem natural (passiva), a diminuição da vazão e de CH₄ e valores constantes de CO₂ e O₂ indicam que o gás acumulado está saindo da massa de resíduos. Isto é confirmado pela diminuição da vazão ao longo do tempo.
- Os valores finais de vazão (m³/dia) e concentração de CH₄ (%), CO₂ (%), O₂ (%) e H₂S (ppm) ao longo do tempo com valores de 10,22 m³/dia e 16,6%, 14,8%, 0,5 % e 1,8 ppm, respectivamente.

e) Dreno P08:

Data de Instalação: 15 de setembro de 2022. Profundidade 4,00 metros. 56 dias de monitoramento. Coordenadas: Latitude: S 7° 6'28.82"; Longitude: W 34°53'08.10". Este dreno foi danificado (retirada do furo) e não foi possível realizar leituras a partir do dia 10/11/22.

As leituras foram consideradas a partir da 4ª leitura do dia 19 de setembro, conforme apresentado no Quadro 2.8 e Figura 2.12.

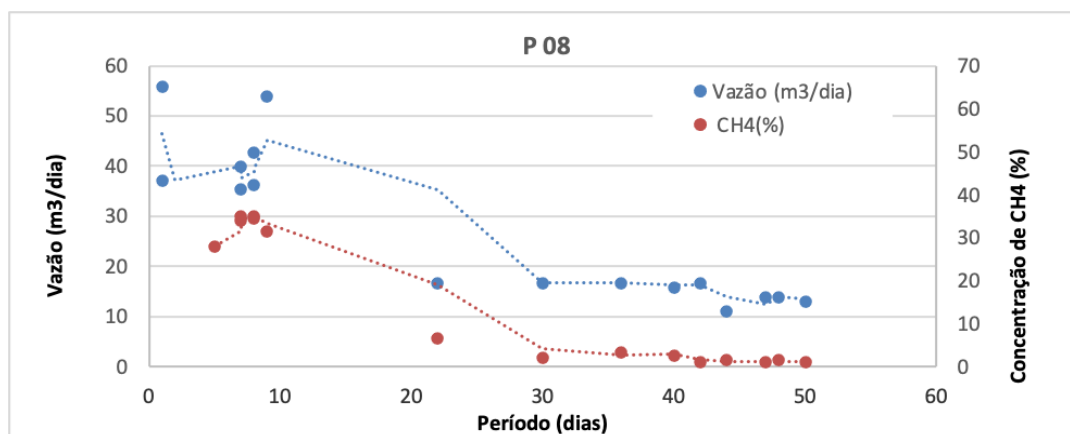
Quadro 3.9 – Dreno P08 – Monitoramento do Biogás

P 08			Concentração do Biogás			
Data	Dias	Vazão (m3/dia)	CH4(%)	CO2 (%)	O2 (%)	H2S (ppm)
15/set	1	55,739	0,6	0,4	20,5	0,0
15/set	1	37,159	1,3	0,0	20,3	0,0
16/set	2	18,580	1,7	0,0	20,4	0,0
19/set	5	26,011	28,0	17,6	5,0	0,0
21/set	7	39,946	35,0	22,0	0,3	0,0
21/set	7	35,301	34,0	21,0	0,4	0,0
22/set	8	42,733	34,5	22,2	0,5	0,0
22/set	8	36,230	35,0	22,4	0,7	0,0
23/set	9	53,881	31,5	21,4	1,0	0,0
06/out	22	16,722	6,5	6,4	13,6	0,0
14/out	30	16,722	2,1	3,5	16,8	0,0
20/out	36	16,722	3,4	7,6	12,2	0,0
24/out	40	15,793	2,5	6,7	12,9	0,0
26/out	42	16,722	1,1	5,6	14,6	0,0
28/out	44	11,148	1,5	5,5	14,4	0,0
31/out	47	13,935	1,1	5,4	14,7	0,0
01/nov	48	13,935	1,5	5,5	14,4	0,0
03/nov	50	13,006	1,0	-	14,3	0,0

DRENO DANIFICADO 10/11 (retirado do furo)

Fonte: Autores (2022).

Figura 3.12 – Monitoramento dreno P08



Fonte: Autores (2022).

— A vazão do biogás decai ao longo do tempo, indicando que o gás estava aprisionado na massa de lixo e quando foi executado o dreno, apesar de variações pontuais, ocorreu a diminuição consistente do seu valor. Salienta-se que a última leitura apresentou um aumento desta vazão;

- A concentrações de CH₄ diminui ao longo do tempo, chegando próximo de zero de forma consistente. A partir da leitura do dia 14/10 esta concentração ficou menor que 5%;
- A concentração de CO₂ teve o mesmo comportamento
- A concentração de O₂ aumentou ao longo do tempo, de forma inversa ao CH₄ e CO₂;
- Não há presença de H₂S (ppm) na massa de resíduos.
- Os valores finais de vazão (m³/dia) e concentração de CH₄ (%), O₂ (%) e H₂S (ppm) ao longo do tempo com valores de 13 m³/dia e 1 %, 14,8%, e 0 ppm, respectivamente.

f) Dreno P09:

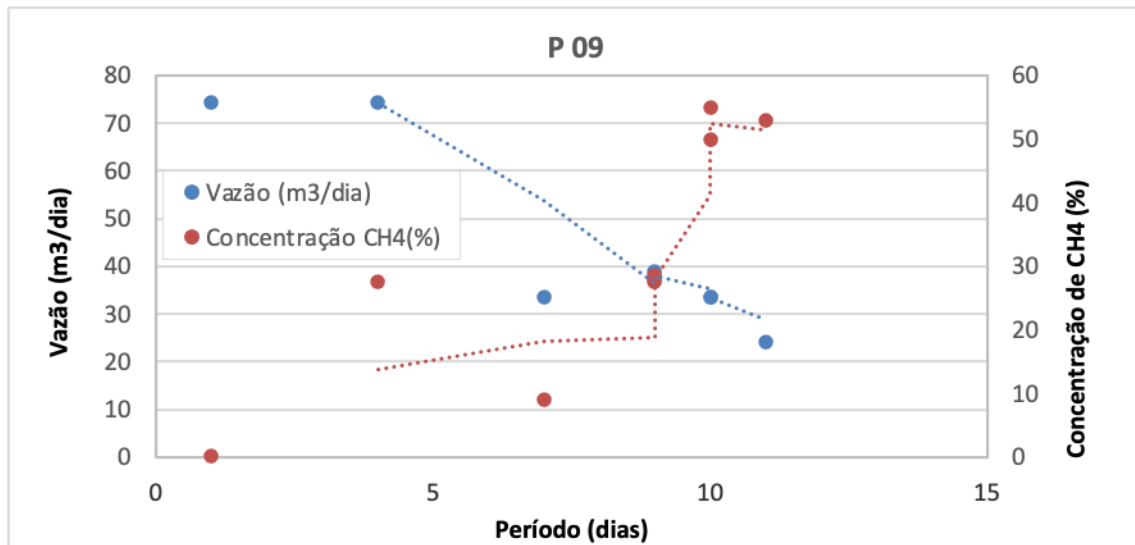
Data de Instalação: 13 de setembro de 2022. Profundidade 2,00 metros. 11 dias de monitoramento. Coordenadas: Latitude: S 7° 6'31.19"; Longitude: W 34°53'13.08". Este dreno foi danificado (retirada do furo) e não foi possível realizar leituras a partir do dia 06/10/22. As leituras foram consideradas a partir da 1ª leitura do dia 13 de setembro, conforme apresentado no Quadro 2.10 e Figura 2.13.

Quadro 3.10 – Dreno P09 – Monitoramento do Biogás

P 09			Concentração do Biogás			
Data	Dias	Vazão (m ³ /dia)	CH ₄ (%)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	H ₂ S (ppm)
13/set	1	74,319	0,2	0,0	20,9	0,0
16/set	4	74,319	27,5	20,5	8,3	0,0
19/set	7	33,443	9,1	5,2	15,9	0,0
21/set	9	39,017	28,5	18,0	5,4	0,0
21/set	9	37,159	27,5	17,5	5,6	0,0
22/set	10	33,443	55,0	28,5	0,7	0,0
22/set	10	33,443	50,0	26,5	0,1	0,0
23/set	11	24,154	53,0	28,0	0,8	0,0
DRENO DANIFICADO 06/10 (retirado do furo)						

Fonte: Autores (2022).

Figura 3.13 – Monitoramento dreno P09



Fonte: Autores (2022).

- A vazão do biogás decai ao longo do tempo, indicando que o gás estava aprisionado na massa de lixo e quando foi executado o dreno, ocorreu a diminuição consistente do seu valor;
- A concentrações de CH₄ e CO₂ aumentaram ao longo do tempo, chegando a 53% e 28%, respectivamente
- A concentração de O₂ diminuiu ao longo do tempo, de forma inversa ao que ocorreu com CH₄ e CO₂;
- Não há presença de H₂S (ppm) na massa de resíduos.
- Como os drenos estão abertos, ocorre uma drenagem natural (passiva), a diminuição da vazão, indicam que o gás acumulado está saindo da massa de resíduos.
- Os valores finais de vazão (m³/dia) e concentração de CH₄ (%), CO₂ (%), O₂ (%) e H₂S (ppm) ao longo do tempo com valores de 24,16 m³/dia e 53 %, 28%, 0,8% e 0 ppm, respectivamente.

g) Dreno PFERRO:

Este dreno já estava instalado na área e de acordo com informações obtidas durante o monitoramento, foi instalando na época da 1ª intervenção na área.

Profundidade 10,00 metros. 23 dias de monitoramento. Coordenadas: Latitude: S 7° 6'31.19"; Longitude: W 34°53'13.08". Este dreno foi danificado (retirado do furo) e não foi possível realizar leituras a partir do dia 06/10/22.

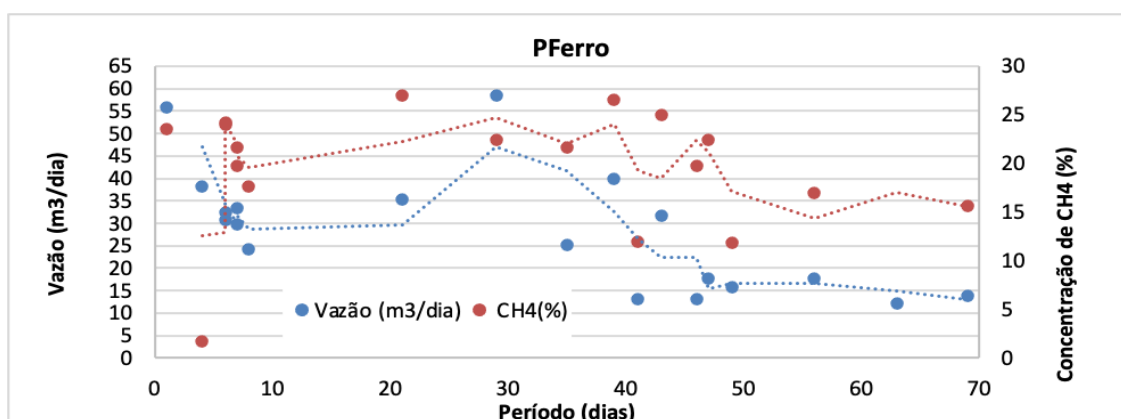
As leituras foram consideradas a partir da 1ª leitura do dia 16 de setembro, conforme apresentado no conforme apresentado no Quadro 2.11 e Figura 2.14.

Quadro 3.11 – Dreno PFERRO – Monitoramento do Biogás

PFERRO			Concentração do Biogás			
Data	Dias	Vazão (m3/dia)	CH4(%)	CO2 (%)	O2 (%)	H2S (ppm)
16/set	1	55,739	23,5	26,0	1,2	0,0
19/set	4	38,088	1,7	1,6	19,9	0,0
21/set	6	30,656	24,2	21,8	0,2	0,0
21/set	6	32,514	24,0	21,7	0,3	0,0
22/set	7	29,727	19,8	20,2	0,7	0,0
22/set	7	33,443	21,6	21,0	0,3	0,0
23/set	8	24,154	17,6	19,4	0,1	0,0
06/out	21	35,301	27,0	21,8	0,2	0,0
14/out	29	58,526	22,4	22,4	0,2	0,0
20/out	35	25,083	21,6	21,8	0,2	0,0
24/out	39	39,946	26,5	21,8	0,1	0,0
26/out	41	13,006	12,0	13,0	8,2	0,0
28/out	43	31,585	25,0	21,8	0,2	0,0
31/out	46	13,006	19,8	21,2	0,1	0,0
01/nov	47	17,651	22,4	21,8	0,3	0,0
03/nov	49	15,793	11,8	-	1,0	0,0
10/nov	56	17,651	17,0	28,0	0,9	0,0
17/nov	63	12,077	25,0	31,0	0,9	0,0
23/nov	69	13,935	15,6	28,0	2,4	0,0

Fonte: Autores (2022).

Figura 3.14 – Monitoramento dreno PFERRO



Fonte: Autores (2022).

- A vazão do biogás decai ao longo do tempo, indicando que o gás estava aprisionado na massa de lixo e quando foi executado o dreno, ocorreu a diminuição consistente do seu valor;
- A concentrações de CH₄ diminuiu ao longo do tempo, chegando a 15,60 %
- A concentração de CO₂ e O₂ se mantiveram praticamente constante ao longo do tempo. Salienta-se o valor muito baixo de O₂ próximo a zero;
- Não há presença de H₂S (ppm) na massa de resíduos.
- Como os drenos estão abertos, ocorre uma drenagem natural (passiva), a diminuição da vazão, indicam que o gás acumulado está saindo da massa de resíduos.
- Os valores finais de vazão (m³/dia) e concentração de CH₄ (%), CO₂ (%), O₂ (%) e H₂S (ppm) ao longo do tempo com valores de 13,94 m³/dia e 15,6 %, 28%, 2,4% e 0 ppm, respectivamente.

h) Dreno PN:

Data de Instalação: 21 de setembro de 2022. Profundidade 4,90 metros. 63 dias de monitoramento. Coordenadas: Latitude: S 7° 6'20.42"; Longitude: W 34°53'2.44".

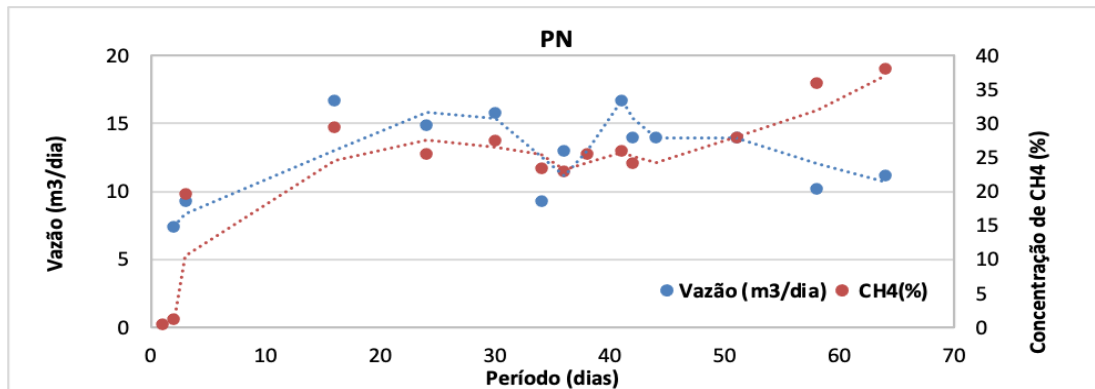
As leituras foram consideradas a partir da 3ª leitura, dia 23/09/22, conforme apresentado conforme apresentado no Quadro 2.11 e Figura 2.15.

Quadro 3.12 – Dreno PN – Monitoramento do Biogás

PN			Concentração do Biogás			
Data	Dias	Vazão (m3/dia)	CH4(%)	CO2 (%)	O2 (%)	H2S (ppm)
21/set	1	25,083	0,4	0,0	20,9	0,0
22/set	2	7,432	1,3	0,9	19,8	0,0
23/set	3	9,290	19,6	6,8	6,0	0,0
06/out	16	16,722	29,5	21,8	0,3	36,0
14/out	24	14,864	25,5	21,0	0,6	38,0
20/out	30	15,793	27,5	21,8	0,1	48,0
24/out	34	9,290	23,4	21,8	0,1	78,0
26/out	36	13,006	23,0	20,4	0,9	56,0
28/out	38	9,290	25,5	21,8	0,1	62,0
31/out	41	16,722	26,0	22,0	0,0	62,0
01/nov	42	13,935	24,2	21,2	0,0	54,0
03/nov	44	13,935	18,0	-	0,0	92,0
10/nov	51	13,935	28,0	31,0	0,5	55,0
17/nov	58	10,219	36,0	33,0	0,4	>500
23/nov	64	11,148	38,0	33,0	1,0	>500

Fonte: Autores (2022).

Figura 3.15 – Monitoramento dreno PN



Fonte: Autores (2022).

- Com exceção da 1ª leitura (no dia de instalação do dreno), a vazão do biogás é possui uma leve queda entre o dia 06/10 até 23/11;
- A concentrações de CH₄ e CO₂ aumentam ao longo do tempo, chegando a 38% e 33% respectivamente;
- A concentração de O₂ diminui ao longo do tempo, chegando a próximo de zero já na leitura do dia 06/10 (16 dias);
- A concentração de H₂S (ppm) na massa de resíduos, que aumentou ao longo do tempo (único local onde isto ocorreu)
- Os valores finais de vazão (m³/dia) e concentração de CH₄ (%), CO₂ (%), O₂ (%) e H₂S (ppm) ao longo do tempo com valores de 11,15m³/dia e 38 %, 22%, 1% e > 500 ppm, respectivamente.

i) Dreno PN01:

Data de Instalação: 31 de outubro de 2022. Profundidade 8,00 metros. 23 dias de monitoramento. Coordenadas: Latitude: S 7° 6'32.20"; Longitude: W 34°53'13.36".

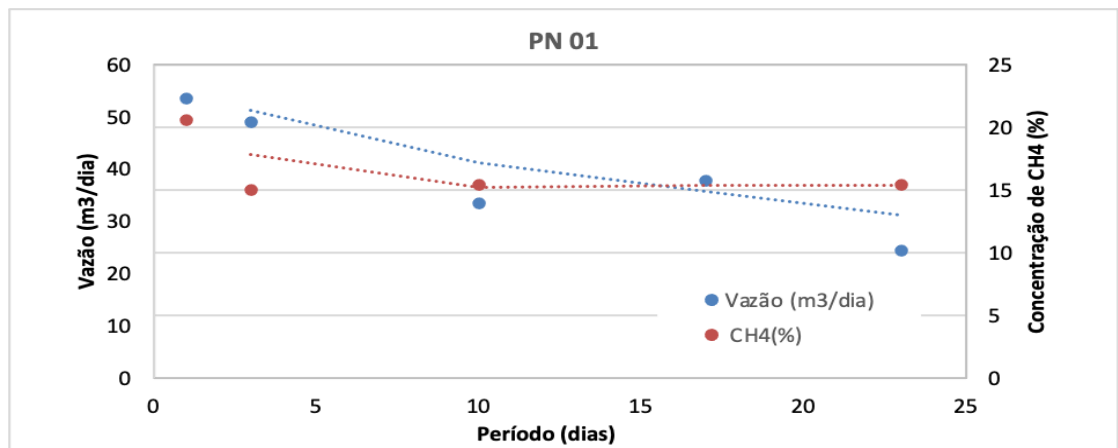
As leituras foram consideradas a partir da 1ª leitura, conforme apresentado no conforme apresentado no Quadro 2.13 e Figura 2.16.

Quadro 3.13 – Dreno PN 01 – Monitoramento do Biogás

PN 01			Concentração do Biogás			
Data	Dias	Vazão (m3/dia)	CH4(%)	CO2 (%)	O2 (%)	H2S (ppm)
01/nov	1	22,296	49,5	25,5	0,9	0,0
03/nov	3	20,438	36,0	-	1,4	0,0
10/nov	10	13,935	37,0	33,0	2,5	0,0
17/nov	17	15,793	44,0	36,0	0,7	0,9
23/nov	23	10,219	37,0	32,0	1,8	1,7

Fonte: Autores (2022).

Figura 3.16 – Monitoramento dreno PN01



Fonte: Autores (2022).

- A vazão do biogás decai ao longo do tempo, indicando que o gás estava aprisionado na massa de lixo e quando foi executado o dreno, ocorreu a diminuição consistente do seu valor;
- A concentração de CH₄ diminuiu ao longo do tempo, chegando a 37%;
- A concentração de CO₂ aumentou inicialmente e depois ficou praticamente constante, chegando a 32%;
- A concentração de O₂ oscilou ao longo do monitoramento em valores muito baixos, próximos a zero;
- Não há presença de H₂S (ppm) na massa de resíduos.
- Como os drenos estão abertos, ocorre uma drenagem natural (passiva), a diminuição da vazão, indica que o gás acumulado está saindo da massa de resíduos.

— Os valores finais de vazão (m^3/dia) e concentração de CH_4 (%), CO_2 (%), O_2 (%) e H_2S (ppm) ao longo do tempo com valores de 10,22 m^3/dia e 37 %, 32%, 1,8% e 1,7 ppm, respectivamente.

j) Dreno PN02:

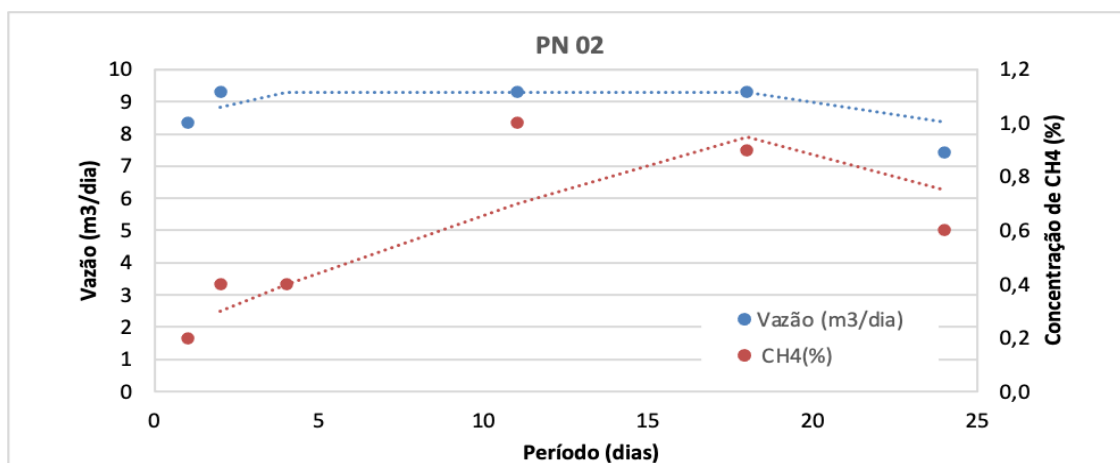
Data de Instalação: 29 de outubro de 2022. Profundidade 8,00 metros. 25 dias de monitoramento. Coordenadas: Latitude: S 7° 6'29.56"; Longitude: W 34°53'.9.53". As leituras foram consideradas a partir da 1ª leitura, conforme apresentado no Quadro 2.14 e Figura 2.17.

Quadro 3.14 – Dreno PN 02 – Monitoramento do Biogás

PN 02			Concentração do Biogás			
Data	Dias	Vazão (m^3/dia)	CH_4 (%)	CO_2 (%)	O_2 (%)	H_2S (ppm)
31/out	1	8,361	0,2	6,0	14,0	0,0
01/nov	2	9,290	0,4	5,5	13,9	0,0
03/nov	4	11,148	0,4	-	14,5	0,0
10/nov	11	9,290	1,0	12,0	12,1	0,0
17/nov	18	9,290	0,9	12,5	11,6	0,0
23/nov	24	7,432	0,6	12,4	11,5	0,0

Fonte: Autores (2022).

Figura 3.17 – Monitoramento dreno PN02



Fonte: Autores (2022).

— A vazão do biogás é muito baixa, praticamente constante, com uma tendência de decaimento ao longo do tempo;

— A concentração de CH_4 é muito baixa, praticamente constante, com valor menor que 1%;

- A concentração de CO₂ aumentou inicialmente e depois ficou praticamente constante, chegando a 12%;
- A concentração de O₂ diminuiu lentamente ao longo do monitoramento;
- Não há presença de H₂S (ppm) na massa de resíduos.
- Os valores finais de vazão (m³/dia) e concentração de CH₄ (%), CO₂ (%), O₂ (%) e H₂S (ppm) ao longo do tempo com valores de 7,43 m³/dia e 0,6 %, 12,4%, 11,5% e 0 ppm, respectivamente

k) Dreno PN03:

Data de Instalação: 03 de novembro de 2022. Profundidade 8,00 metros. 20 dias de monitoramento. Coordenadas: Latitude: S 7° 6'18.62"; Longitude: W 34°53'4.40".

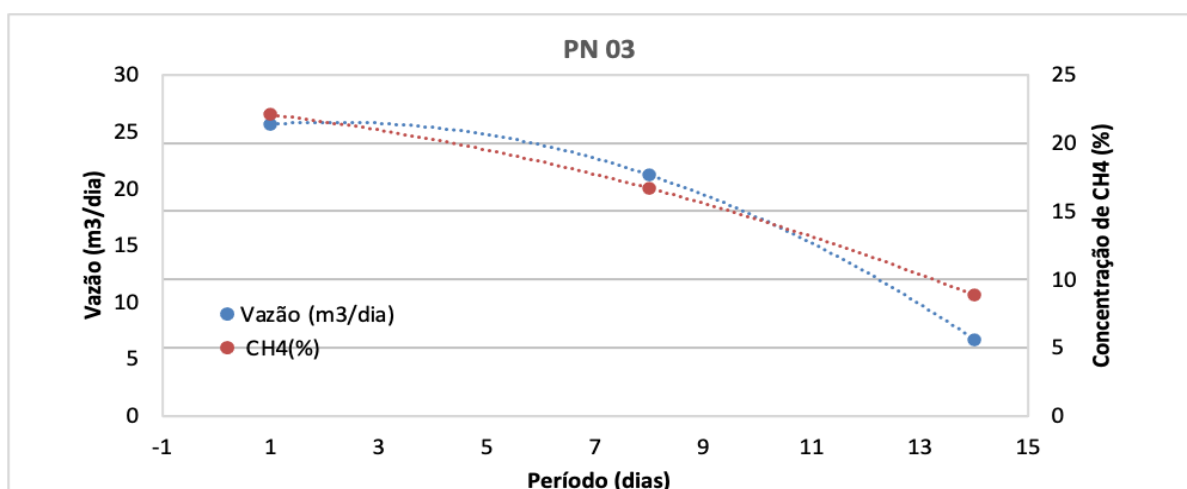
As leituras foram consideradas a partir da 1ª leitura, conforme apresentado conforme apresentado no Quadro 2.15 e Figura 2.18.

Quadro 3.15 – Dreno PN 03 – Monitoramento do Biogás

PN 03			Concentração do Biogás			
Data	Dias	Vazão (m3/dia)	CH4(%)	CO2 (%)	O2 (%)	H2S (ppm)
10/nov	1	21,367	26,5	25,0	5,2	5,0
17/nov	8	17,651	20,0	22,0	4,8	2,4
23/nov	14	5,574	10,6	18,5	7,4	2,1

Fonte: Autores (2022).

Figura 3.18 – Monitoramento dreno PN03



Fonte: Autores (2022).

- A vazão do biogás e a concentração de CH₄ e CO₂ de possui uma tendência de decaimento ao longo do tempo;
- A concentração de O₂ aumentou lentamente ao longo do monitoramento;
- Há presença de H₂S (ppm) na massa de resíduos com valores uito baixos, menores que 10 ppm;
- Os valores finais de vazão (m³/dia) e concentração de CH₄ (%), CO₂ (%), O₂ (%) e H₂S (ppm) ao longo do tempo com valores de 5,57 m³/dia e 10,6 %, 18,5%, 7,4% e 2,1 ppm, respectivamente

I) Dreno PN04:

Data de Instalação: 28 de outubro de 2022. Profundidade 2,00 metros.
Período de monitoramento: 27 dias. Coordenadas: Latitude: S 7° 6'21.06";
Longitude: W 34°53'3.10".

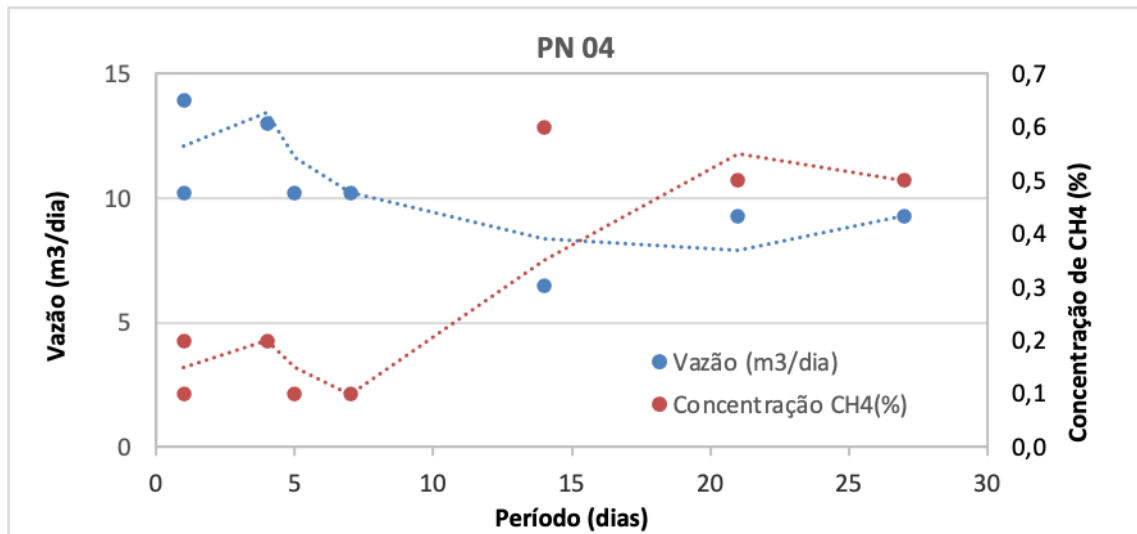
As leituras foram consideradas a partir da 1ª leitura, conforme apresentado no Quadro 2.16 e Figura 2.19.

Quadro 3.16 – Dreno PN 04 – Monitoramento do Biogás

PN 04			Concentração do Biogás			
Data	Dias	Vazão (m3/dia)	CH4(%)	CO2 (%)	O2 (%)	H2S (ppm)
28/out	1	10,219	0,1	0,1	21,6	0,0
28/out	1	13,935	0,2	0,8	20,3	0,0
31/out	4	13,006	0,2	0,9	20,3	0,0
01/nov	5	10,219	0,1	0,8	20,8	0,0
03/nov	7	10,219	0,1	-	20,8	0,0
10/nov	14	6,503	0,6	3,0	18,5	0,0
17/nov	21	9,290	0,5	3,0	18,3	0,8
23/nov	27	9,290	0,5	3,2	18,5	1,7

Fonte: Autores (2022).

Figura 3.19 – Monitoramento dreno PN04



Fonte: Autores (2022).

- A vazão do biogás possui uma tendência de decaimento ao longo do tempo;
- As concentrações de CH₄ e CO₂ apresentaram um leve aumento, dentro da faixa de erro do equipamento
- A concentração de O₂ diminuiu lentamente ao longo do monitoramento;
- Não há presença de H₂S (ppm) na massa de resíduos. Apenas detectado o valor de 1,7 ppm na última leitura realizada;
- Os valores finais de vazão (m³/dia) e concentração de CH₄ (%), CO₂ (%), O₂ (%) e H₂S (ppm) ao longo do tempo com valores de 9,29 m³/dia e 0,5 %, 3,2%, 18,5% e 1,7 ppm, respectivamente

m) Dreno PN05:

Data de Instalação: 26 de outubro de 2022. Profundidade 5,00 metros. Período de monitoramento: 28 dias. Coordenadas: Latitude: S 7° 6'22.36"; Longitude: W 34°53'01.86".

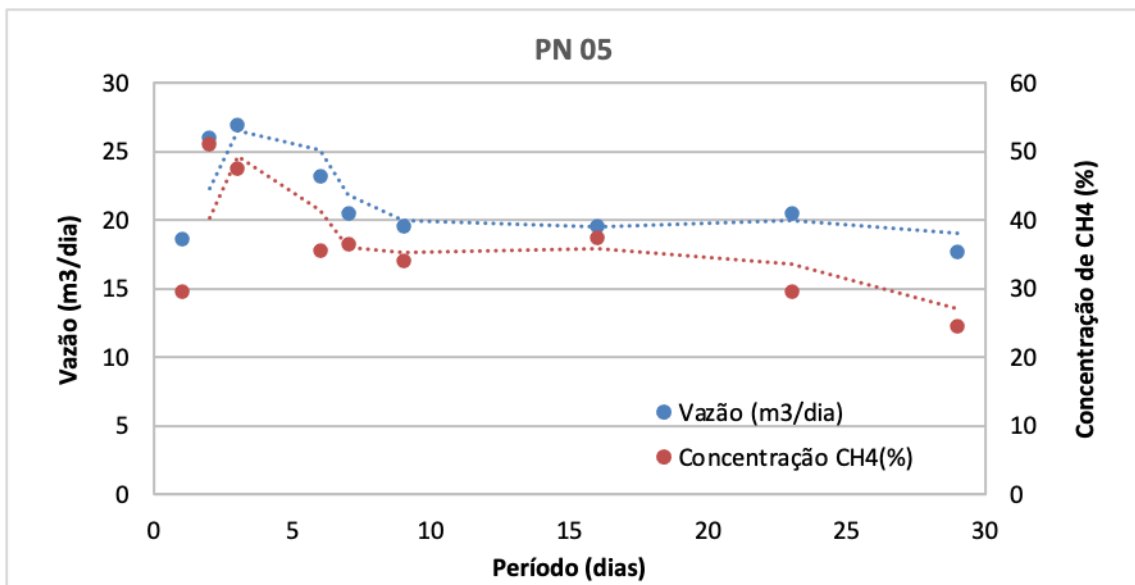
As leituras foram consideradas a partir da 1ª leitura, conforme apresentado no Quadro 2.17 e Figura 2.20.

Quadro 3.17 – Dreno PN 05 – Monitoramento do Biogás

PN 05			Concentração do Biogás			
Data	Dias	Vazão (m3/dia)	CH4(%)	CO2 (%)	O2 (%)	H2S (ppm)
26/out	1	18,580	29,5	12,4	4,4	0,0
27/out	2	26,011	51,0	18,6	0,7	66,0
28/out	3	26,940	47,5	18,0	0,5	106,0
31/out	6	23,225	35,5	18,4	0,1	42,0
01/nov	7	20,438	36,5	19,2	0,1	48,0
03/nov	9	19,509	34,0	-	0,0	52,0
10/nov	16	19,509	37,5	26,0	1,1	24,6
17/nov	23	20,438	29,5	27,0	1,5	36,0
23/nov	29	17,651	24,5	27,0	2,4	41,0

Fonte: Autores (2022).

Figura 3.20 – Monitoramento dreno PN05



Fonte: Autores (2022).

- A vazão do biogás aumentou logo após a instalação do dreno e a partir do 7o dia de leitura, começou a apresentar uma tendência de decaimento;
- A concentração de CH₄ apresentou o mesmo comportamento, isto é, aumentou logo após a instalação do dreno e a partir do 3o dia de leitura, começou a apresentar uma tendência de decaimento;
- A concentração de CO₂ apresentou um aumento do decorrer do monitoramento;
- A concentração de O₂ diminuiu lentamente ao longo do monitoramento;

— Há presença de H₂S (ppm), porém com uma tendência de decaimento ao longo do período de monitoramento;

— Os valores finais de vazão (m³/dia) e concentração de CH₄ (%), CO₂ (%), O₂ (%) e H₂S (ppm) ao longo do tempo com valores de 17,66 m³/dia e 24,5 %, 27%, 2,4% e 41 ppm, respectivamente

n) Dreno PN06:

Data de Instalação: 01 de novembro de 2022. Profundidade 8,00 metros. Período de monitoramento: 21 dias. Coordenadas: Latitude: S 7° 6'26.66"; Longitude: W 34°53'0.94".

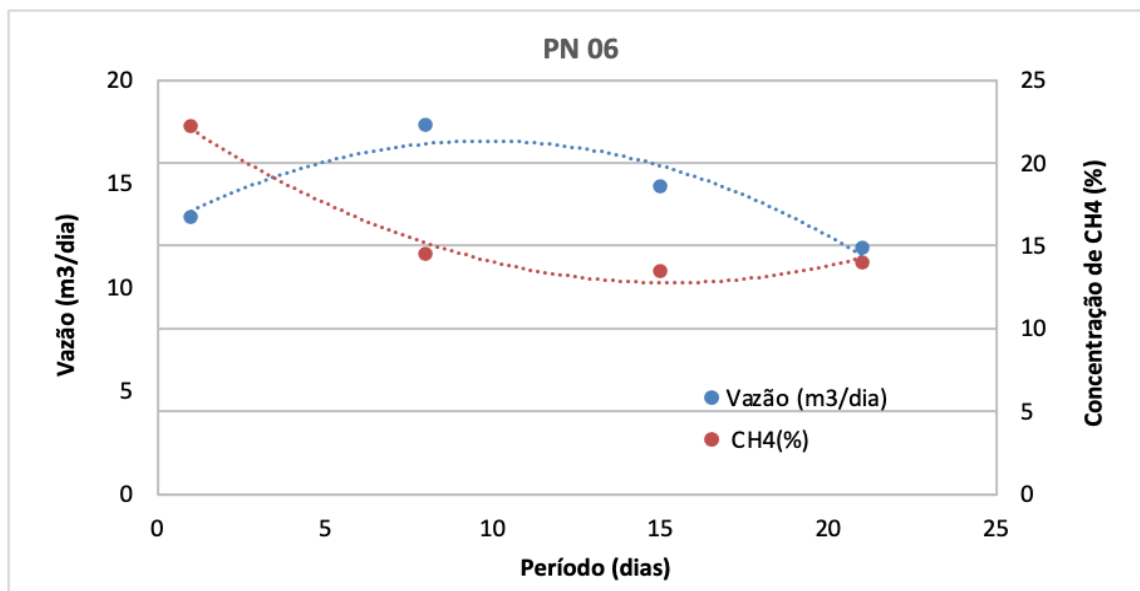
As leituras foram consideradas a partir da 1ª leitura, , conforme apresentado no Quadro 2.18 e Figura 2.21.

Quadro 3.18 – Dreno PN 06 – Monitoramento do Biogás

PN 06			Concentração do Biogás			
Data	Dias	Vazão (m3/dia)	CH4(%)	CO2 (%)	O2 (%)	H2S (ppm)
03/nov	1	16,722	17,8	-	0,9	0,0
10/nov	8	22,296	11,6	19	6,6	0
17/nov	15	18,580	10,8	14	5,4	0
23/nov	21	14,864	11,2	18	8,9	0

Fonte: Autores (2022).

Figura 3.21 – Monitoramento dreno PN06



Fonte: Autores (2022).

- A vazão do biogás aumentou logo após a instalação do dreno e a partir do 8o dia de leitura, começou a apresentar uma tendência de decaimento;
- A concentração de CH₄ apresentou um comportamento de queda ao longo do período de monitoramento;
- A concentração de CO₂ apresentou uma estabilização no decorrer do monitoramento;
- A concentração de O₂ aumentou lentamente ao longo do monitoramento;
- Não há presença de H₂S (ppm);
- Os valores finais de vazão (m³/dia) e concentração de CH₄ (%), CO₂ (%), O₂ (%) e H₂S (ppm) ao longo do tempo com valores de 14,86 m³/dia e 11,2 %, 18%, 8,9% e o ppm, respectivamente

3.3.1.2 Análise Conjunta

Após a análise individual de cada dreno de monitoramento de vazão e concentração dos gases, será realizada uma análise conjunta, onde iremos avaliar o comportamento da área.

Destaca-se nesta análise a informação sobre as áreas que já sofreram alguma recuperação ambiental no passado com a instalação de drenos de gases, como por exemplo, o dreno PFERRO que foi “encontrado” durante a localização dos pontos de monitoramento. Bem como, a drenagem pluvial encontrada próximo dos pontos PM, PN04 e PN05

A Figura 3.22 apresenta o mapa de localização dos drenos de monitoramento de biogás

Figura 3.22 – Mapa de localização dos drenos de monitoramento de biogás



Fonte: Autores (2022).

O Quadro 3.19 apresenta os resultados iniciais e finais de vazão e concentração dos gases.

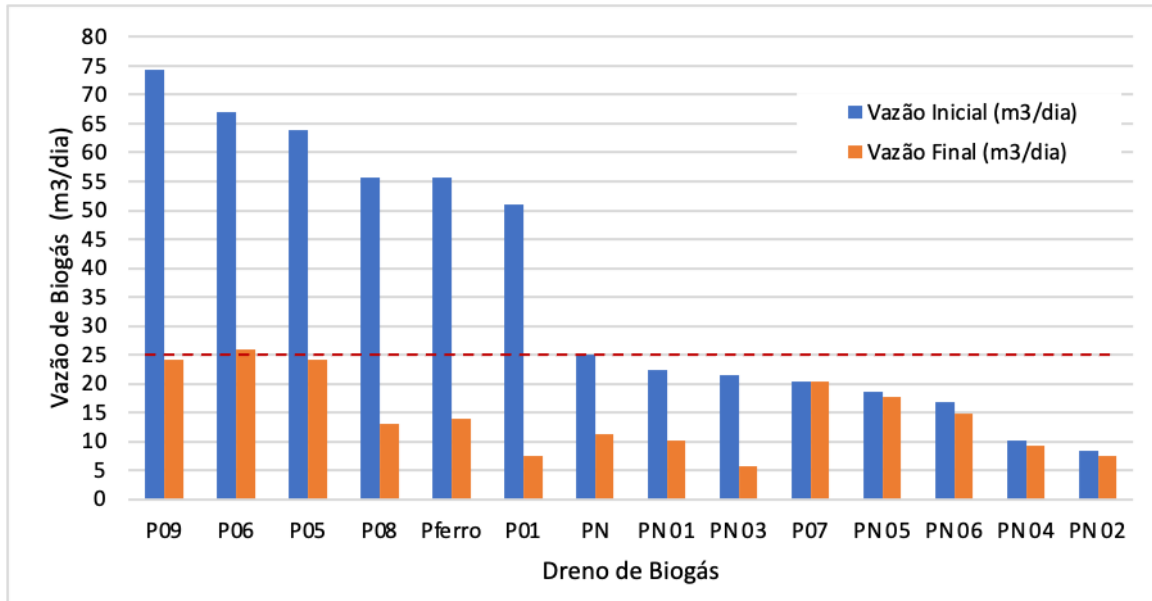
Quadro 3.19 – Resumo do Monitoramento do biogás – Vazões e concentrações iniciais e finais por dreno

Dreno	Profundidade (m)		Vazões (m³/dia)		Concentrações							
					CH ₄ (%)		CO ₂ (%)		O ₂ (%)		H ₂ S (ppm)	
					Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
P01	3,20	78	51,00	7,43	27,50	2,30	10,20	4,20	12,00	17,40	0,00	0,00
P05	4,00	76	63,82	24,15	61,00	31,00	32,00	33,00	0,20	0,50	0,00	2,80
P06	4,00	72	66,89	26,01	61,00	54,00	33,00	42,00	0,30	0,30	0,00	27,20
P07	2,30	42	20,44	20,43	53,00	33,00	24,60	22,80	0,80	2,80	0,00	0,00
P08	4,00	56	55,74	13,00	28,00	1,00	17,60	5,50	20,50	14,30	0,00	0,00
P09	2,00	23	74,32	24,15	27,50	53,00	20,50	28,00	20,90	0,80	0,00	0,00
Pferro	10,00	68	55,74	13,94	23,50	15,60	26,00	28,00	1,20	24,00	0,00	0,00
PN	4,90	63	25,08	11,15	19,60	38,00	6,80	38,00	20,00	1,00	0,00	> 500
PN 01	8,00	23	22,30	10,22	49,50	37,00	25,50	32,00	0,90	1,80	0,00	2,70
PN 02	8,00	25	8,36	7,43	0,20	0,60	6,00	12,40	14,00	11,50	0,00	0,00
PN 03	8,00	20	21,37	5,58	26,50	10,60	25,00	18,50	5,20	7,40	5,00	2,10
PN 04	2,00	26	10,22	9,29	0,10	0,50	0,10	3,20	21,60	18,50	0,00	1,70
PN 05	5,00	28	18,58	17,65	29,50	24,50	12,40	27,00	4,40	2,40	0,00	41,00
PN 06	8,00	22	16,72	14,86	17,80	11,20	19,00	18,00	0,90	8,80	0,00	0,00

Fonte: Autores (2022).

A Figura 3.23 apresenta a vazão inicial e final do biogás por dreno para o período de monitoramento.

Figura 3.23 – Vazão inicial e final do Biogás por dreno

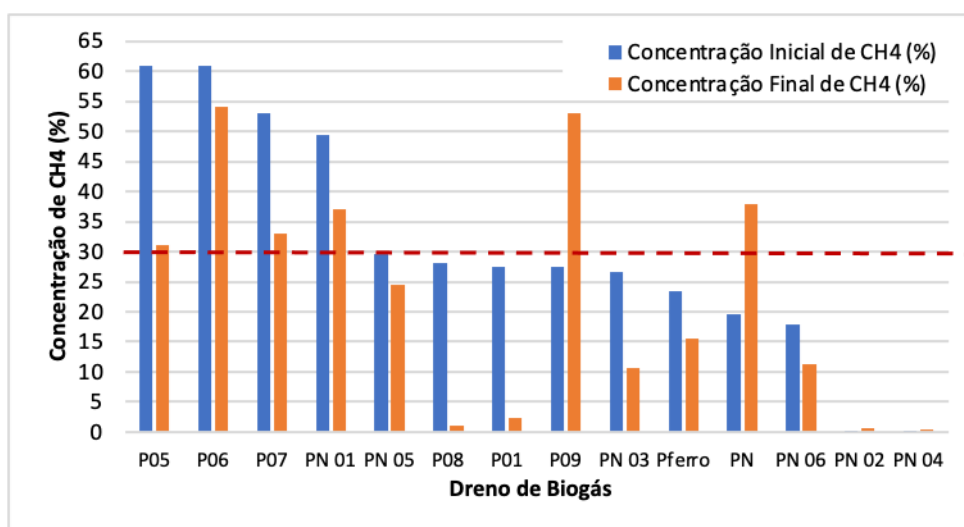


Fonte: Autores (2022)

- Independentemente do valor inicial da vazão (m^3/dia), todos os drenos apresentaram redução de vazão ao longo do tempo. Isto se dá pois como os drenos estão abertos, ocorre uma drenagem natural (passiva), indicando que o gás acumulado está saindo da massa de resíduos;
- Todos os drenos apresentaram vazões finais de biogás (independente do tempo de monitoramento) menores que $25 \text{ m}^3/\text{dia}$;
- Os drenos com vazões iniciais maiores (P09, P06, P05, P08, PFerro, P01 e PN 01) apresentaram as maiores reduções de vazões;
- A redução de vazão ao longo do tempo indica que os drenos foram eficientes e que a drenagem passiva (sem a necessidade de um sistema de sucção) é eficiente para a área.

A Figura 3.24 apresenta as concentrações de CH_4 no início e no final do monitoramento por dreno.

Figura 3.24 – Concentração de Metano inicial e final por dreno



Fonte: Autores (2022).

Em relação as concentrações de metano (CH₄) pode-se avaliar que:

- As concentrações de CH₄ iniciais variaram de 60 a 0,2 %, dentro da faixa de degradação metanogênicas, condizente com a fase de biodegradação que os resíduos aterrados se encontram;
- Na maioria dos drenos analisados, ocorreu a diminuição da concentração de CH₄ ao longo do período de monitoramento, com exceção dos pontos P09 e PN;
- Os drenos com maiores concentrações de CH₄, de maneira geral, também apresentaram maiores vazões iniciais. Indicando que nestas áreas não ocorreu nenhuma recuperação ambiental no passado e o gás presente corresponde a decomposição do lixo anteriormente depositado e que ao longo do tempo não foi drenado, isto é, encontra-se acumulado;
- Os drenos com concentrações iniciais de CH₄ menores que 30%, também foram os drenos com menores vazões iniciais, indicando que nestas áreas já poderiam ter sido realizados ações de recuperação ambiental.

Em relação aos demais gases pode-se aferir que:

- Em geral, a concentração de O₂ é baixa ou nula nos drenos monitorados, só aparecendo em locais onde os drenos possuem pequena espessura (menor que 5 metros), indicando uma condição de aneorobiose do meio;
- A concentração de CO₂, em geral, aumenta do início até o final do monitoramento, porém em concentrações dentro da faixa de biodegradação que o resíduo se encontra;

- As concentrações de H_2S são nulas no início do monitoramento e aparecendo em traços em alguns drenos durante o período de monitoramento, porém em valores baixos.

Em relação ao período de monitoramento, pode-se dizer que o mesmo foi satisfatório, indicando a existência de gases dentro da massa de resíduos, porém observa-se que a drenagem natural foi eficiente com reduções de vazões acima de 50% para os drenos com maiores vazões.

As várias profundidades dos drenos instalados serviram para indicar que existe biogás acumulado em toda a massa de lixo e confirmar que as vazões observadas são baixas (independente do período de monitoramento), confirmando a necessidade de drenagem na área, porém um sistema de drenagem natural, sem extração forçada do biogás, será eficiente para a área.

3.3.2 ENSAIO DE PLACA DE FLUXO

Os ensaios de placa de fluxo têm como finalidade o levantamento de dados para posterior análise das emissões de CH₄ e CO₂ para a atmosfera. Foram realizados 12 ensaios.

O Quadro 3.20 resume as concentrações finais de CH₄, CO₂, O₂ e H₂S, na placa de fluxo, bem como os fluxos mássicos por m² por dia de CH₄ e CO₂.

Quadro 3.20 – Resumo dos fluxos e concentrações finais de gases nas placas de fluxo.

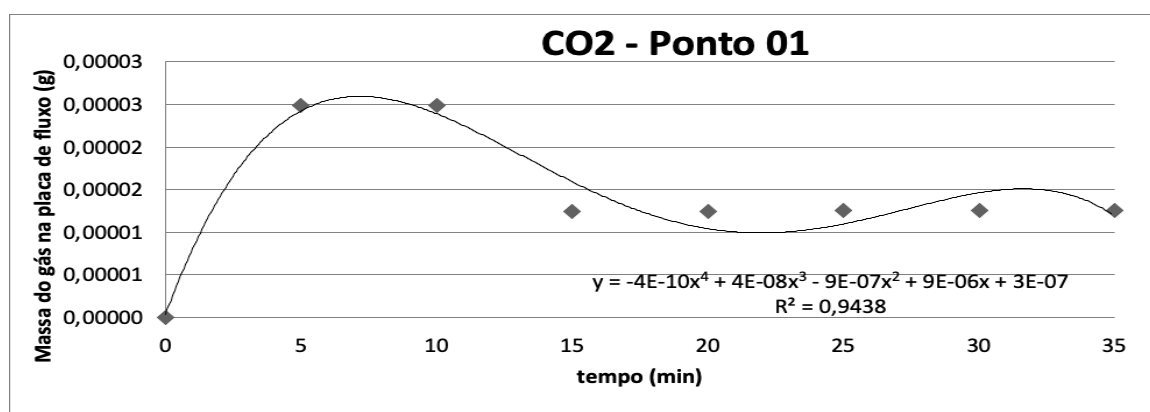
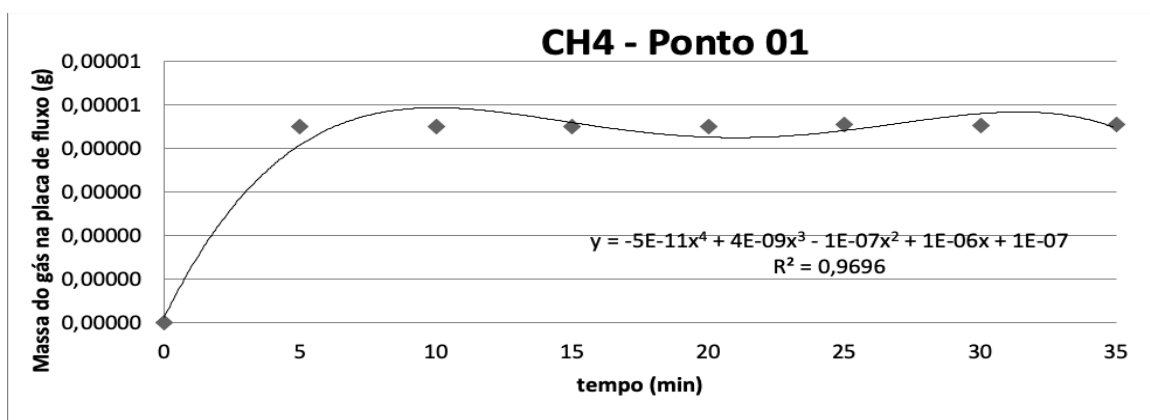
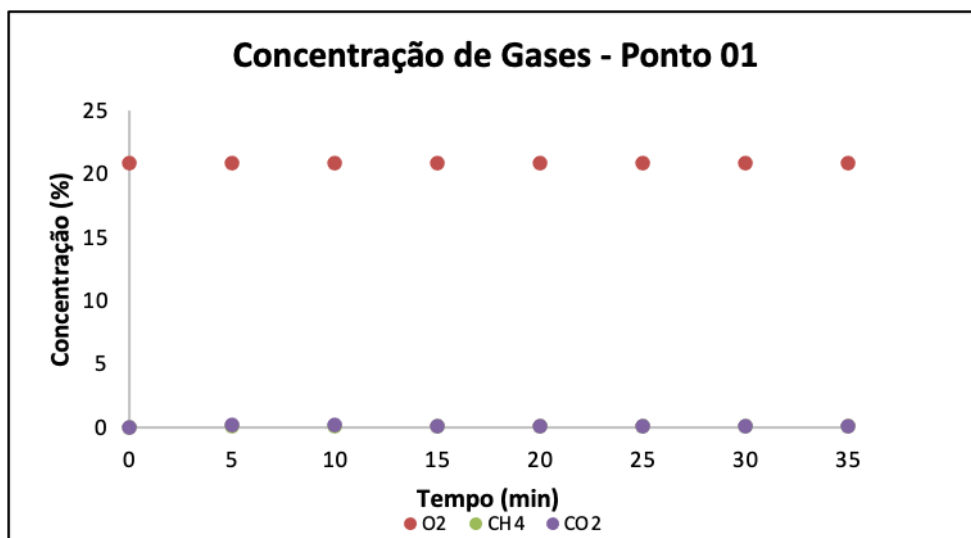
PONTO	Fluxos		Concentrações dos gases			
	CH ₄ (g/m ² .dia)	CO ₂ (g/m ² .dia)	CH ₄ (%)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	H ₂ S (ppm)
1	0,001198344	0,003313856	0,1	0,1	20,9	0
2	0,001165376	0,003222687	0,1	0,1	20,9	0
3	0,001212235	0,006704543	0,1	0,2	20,9	0
4	0,002463867	0,013626974	0,2	0,4	20,9	0
5	0,001260327	0,013941052	0,1	0,4	20,9	0
6	0,003405477	0,003139126	0,3	0,1	20,9	0
7	0,001235130	0,003415582	0,1	0,1	20,9	0
8	0,002376918	0,013146085	0,2	0,4	20,9	0
9	0,001169791	0,006469792	0,1	0,2	20,9	0
10	0,005779476	0,041554108	0,5	1,3	19,6	0
11	0,003785939	0,003489832	0,3	0,1	20,9	0
12	0,003800866	0,007007183	0,3	0,2	20,9	0

Fonte: Autores (2022).

Os ensaios de placa apresentam um comportamento semelhante com o decorrer do tempo.

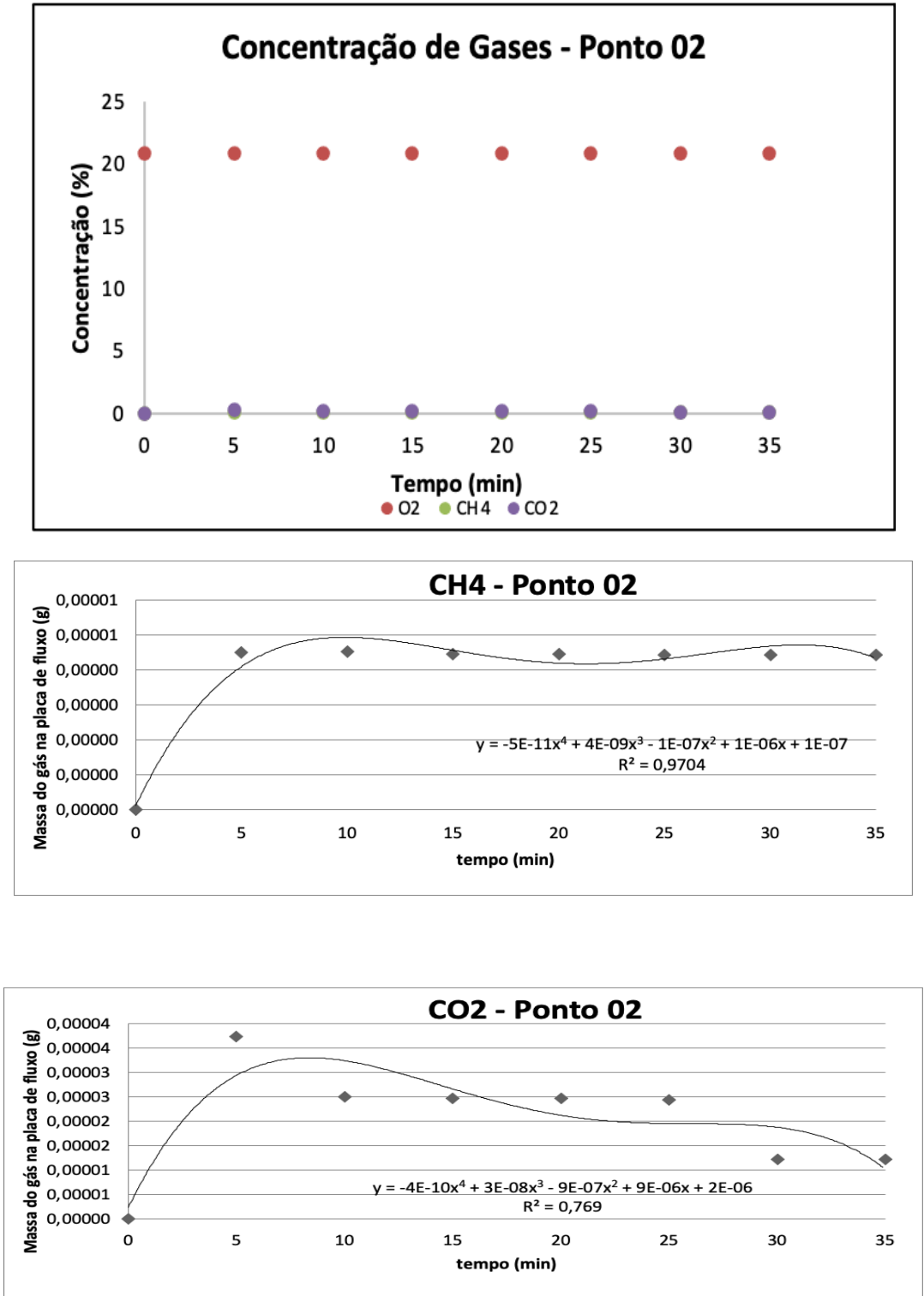
Os resultados da concentração de gases e fluxos mássicos de metano e dióxido de carbono velocidade em cada ponto onde foi realizado o ensaio são apresentadas nas Figuras abaixo.

Figura 3.25 – Concentração de gases e fluxos mássicos de metano e dióxido de carbono no Ponto 01



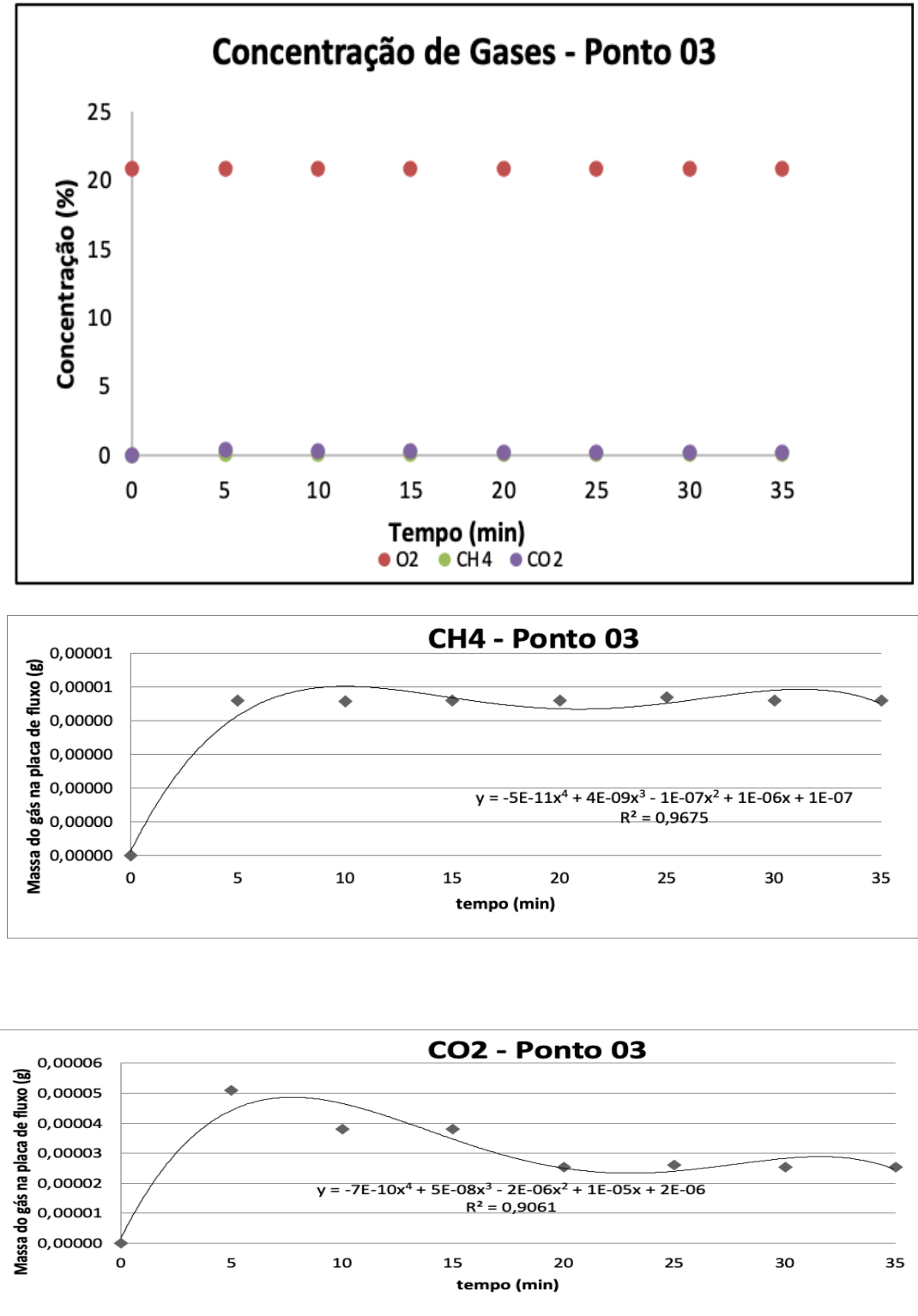
Fonte: Autores (2022).

Figura 3.26 – Concentração de gases e fluxos mássicos de metano e dióxido de carbono no Ponto 02



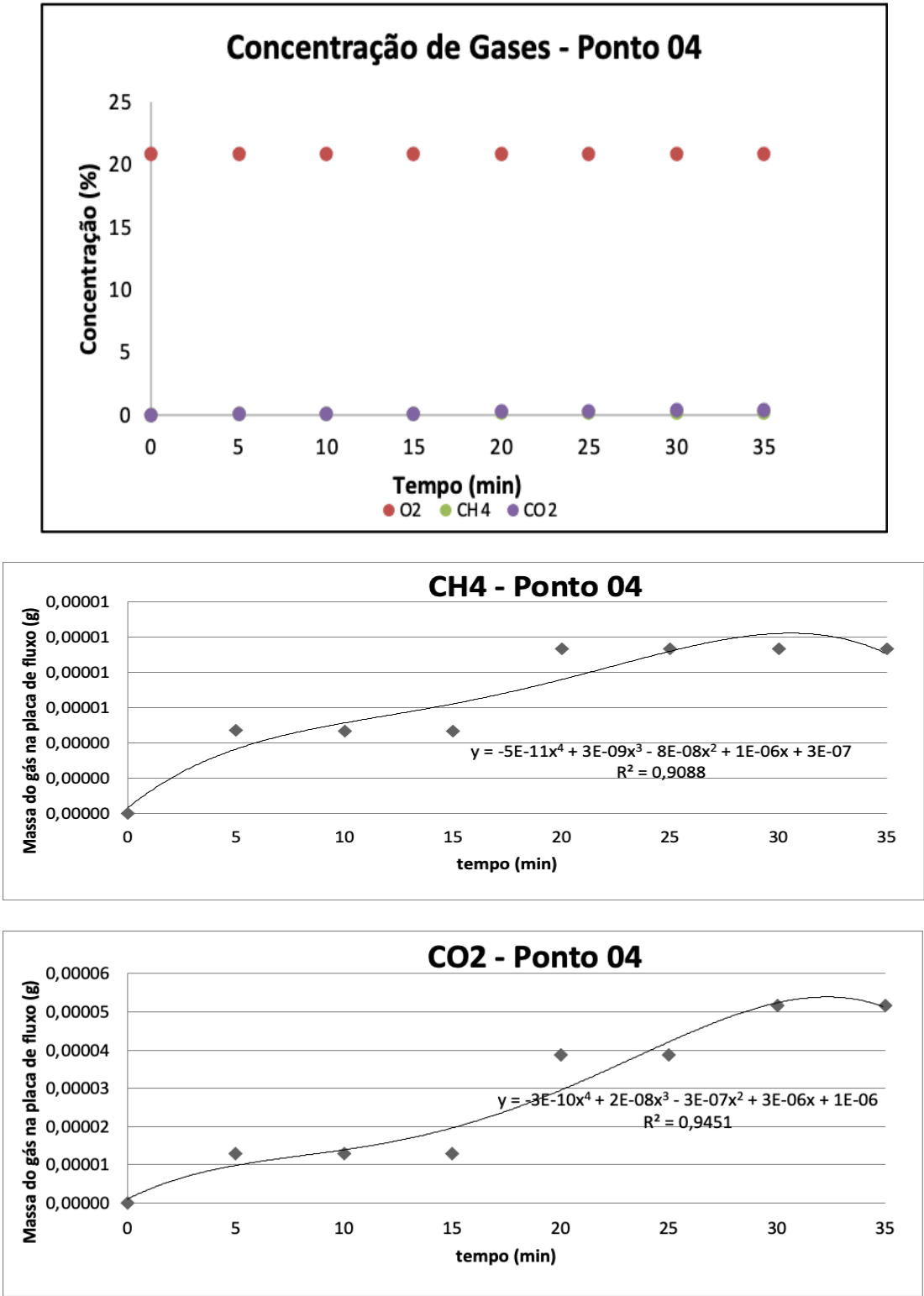
Fonte: Autores (2022).

Figura 3.27 – Concentração de gases e fluxos mássicos de metano e dióxido de carbono no Ponto 03



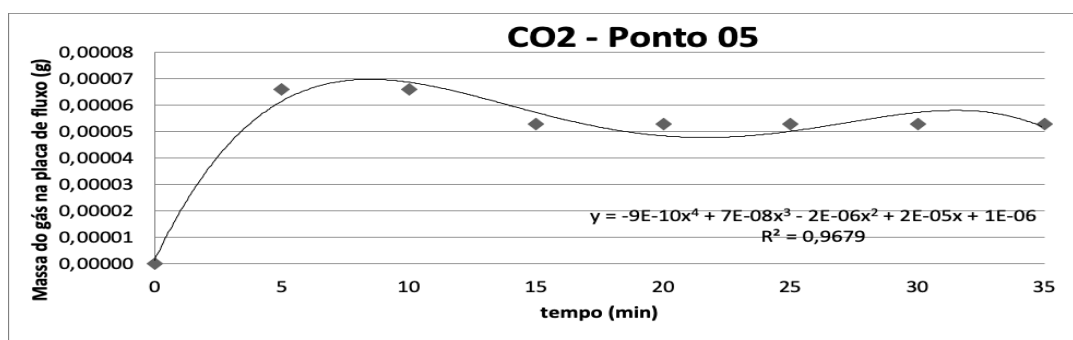
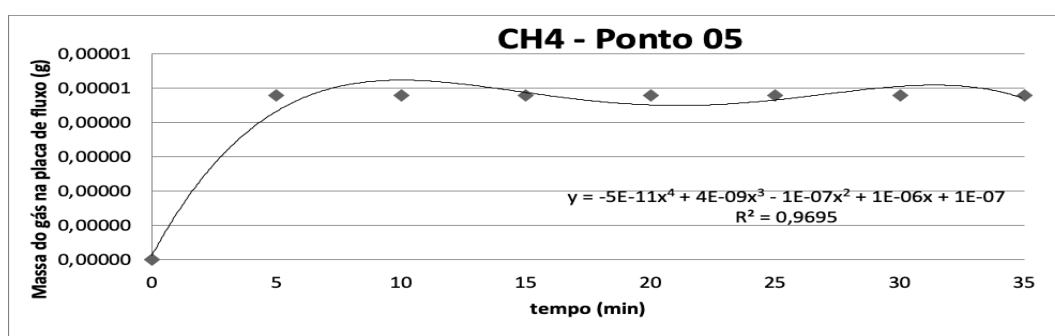
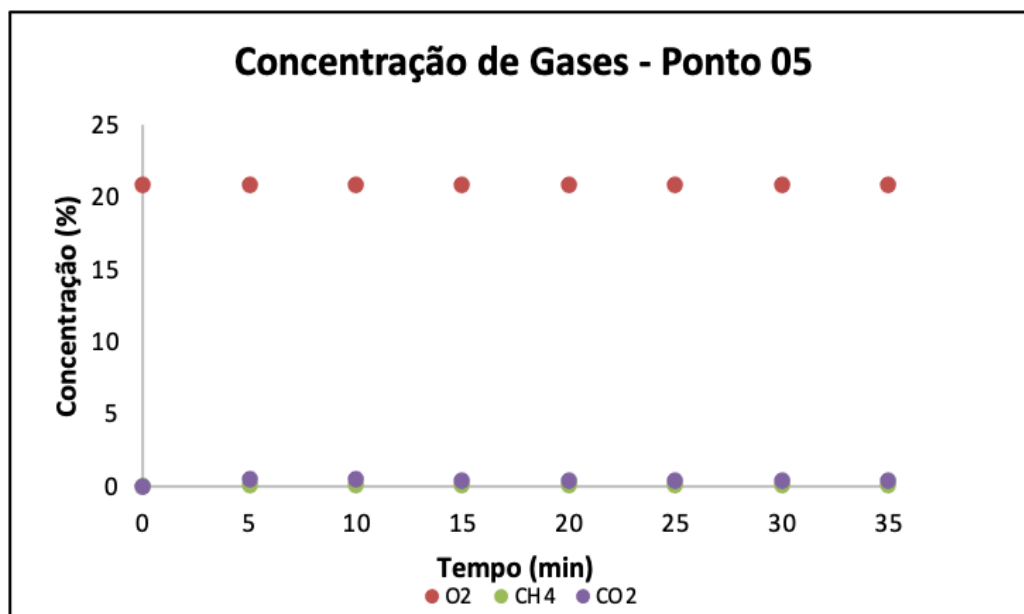
Fonte: Autores (2022).

Figura 3.28 – Concentração de gases e fluxos mássicos de metano e dióxido de carbono no Ponto 04



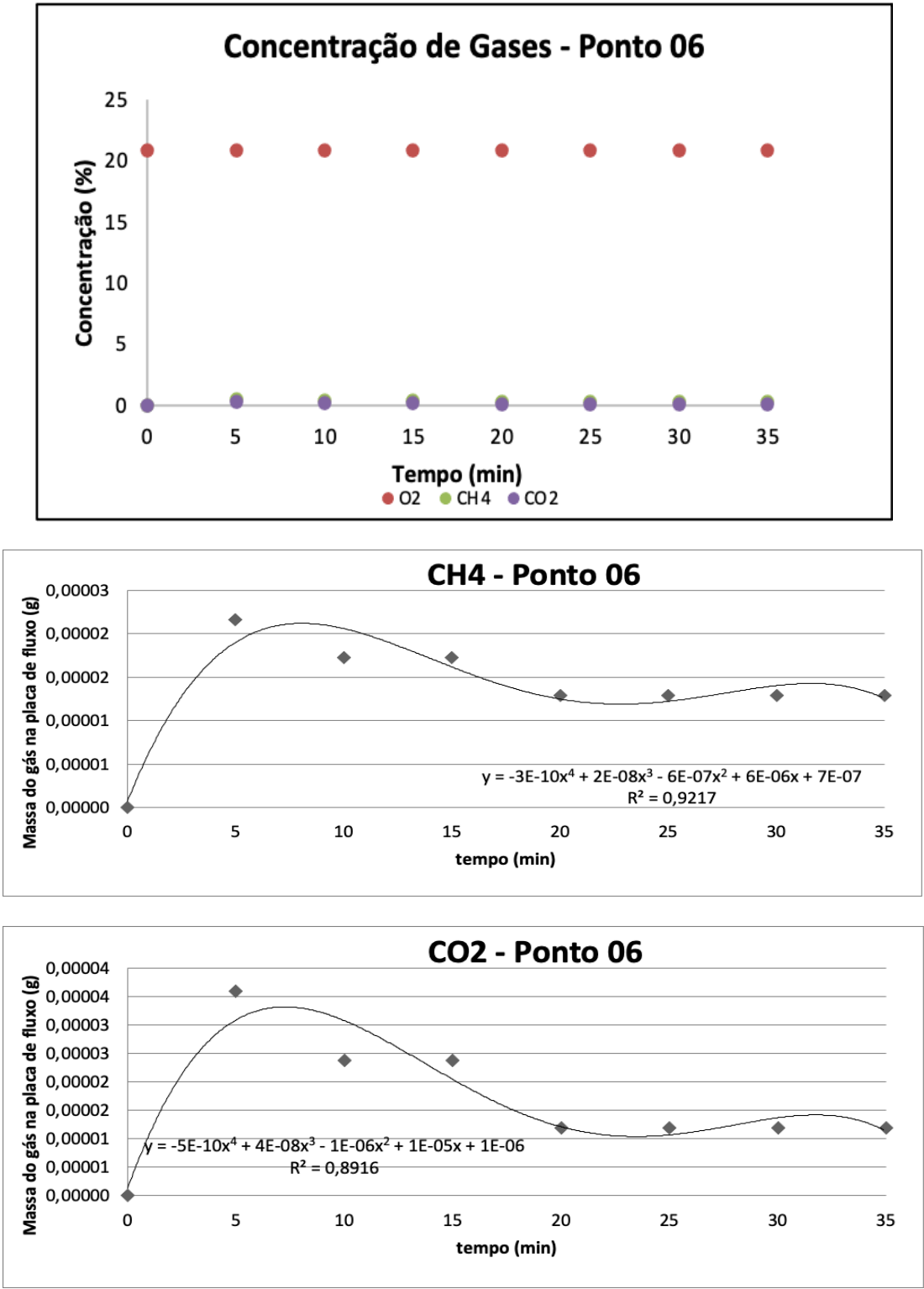
Fonte: Autores (2022).

Figura 3.29 – Concentração de gases e fluxos mássicos de metano e dióxido de carbono no Ponto 05



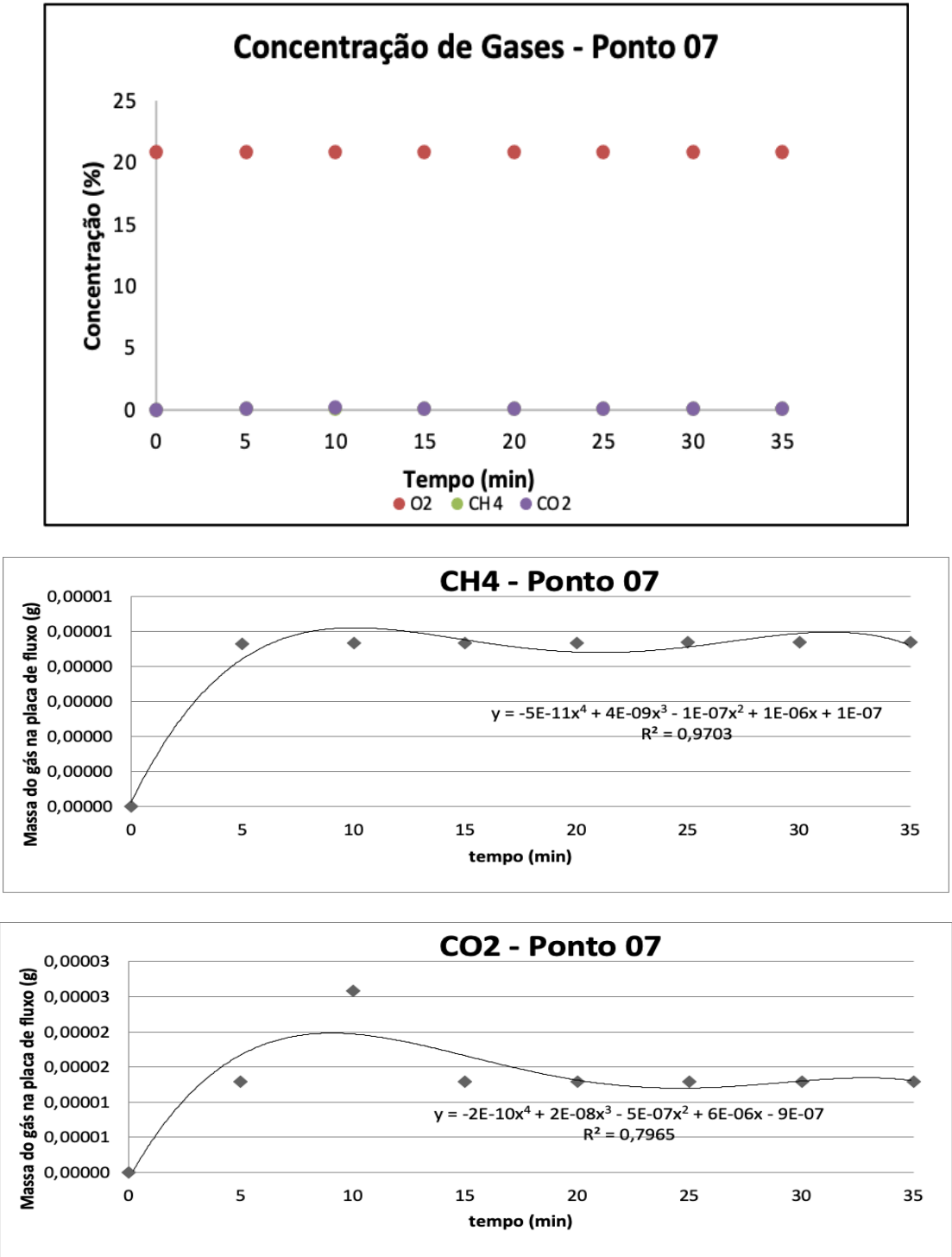
Fonte: Autores (2022).

Figura 3.30 – Concentração de gases e fluxos mássicos de metano e dióxido de carbono no Ponto 06



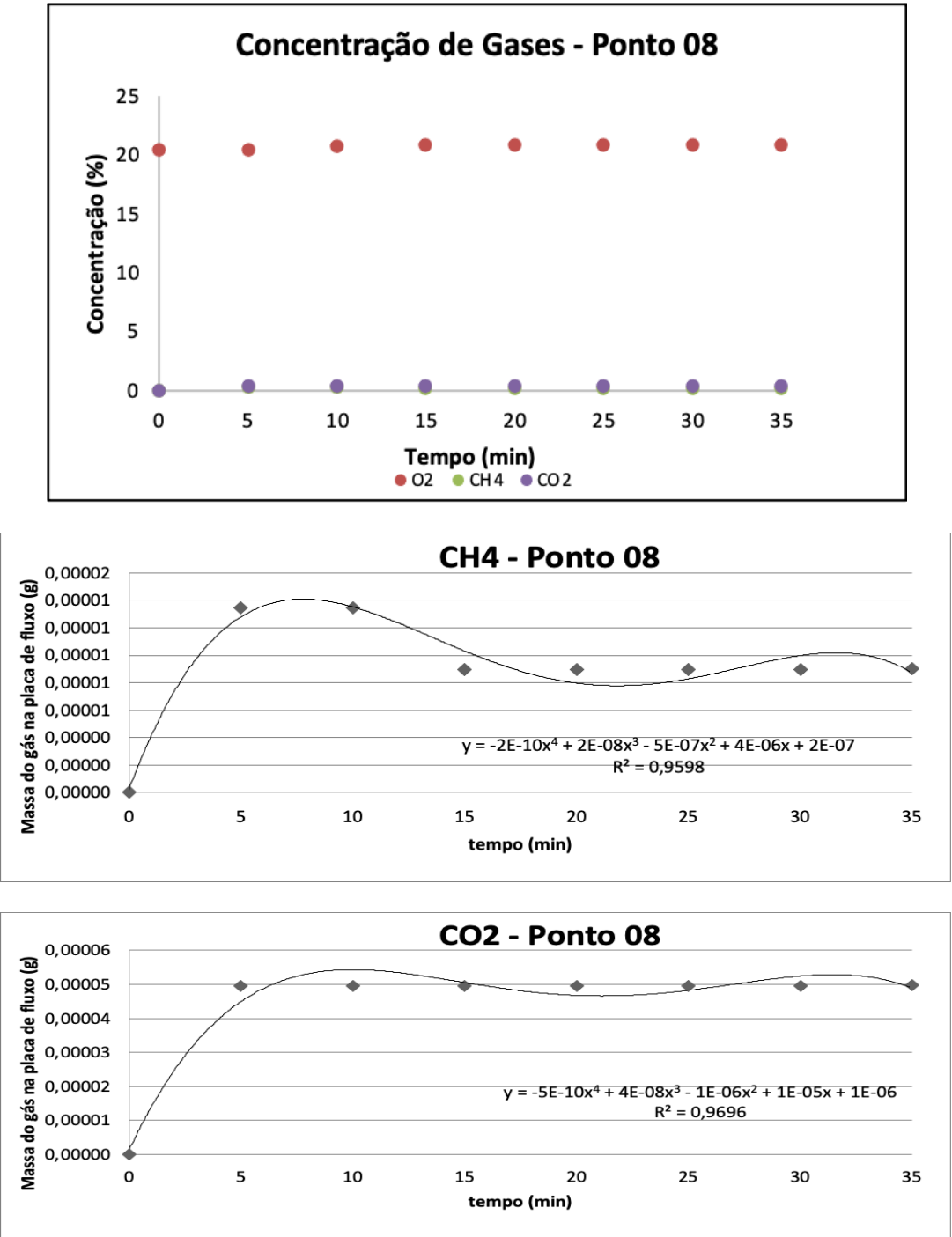
Fonte: Autores (2022).

Figura 3.31 – Concentração de gases e fluxos mássicos de metano e dióxido de carbono no Ponto 07



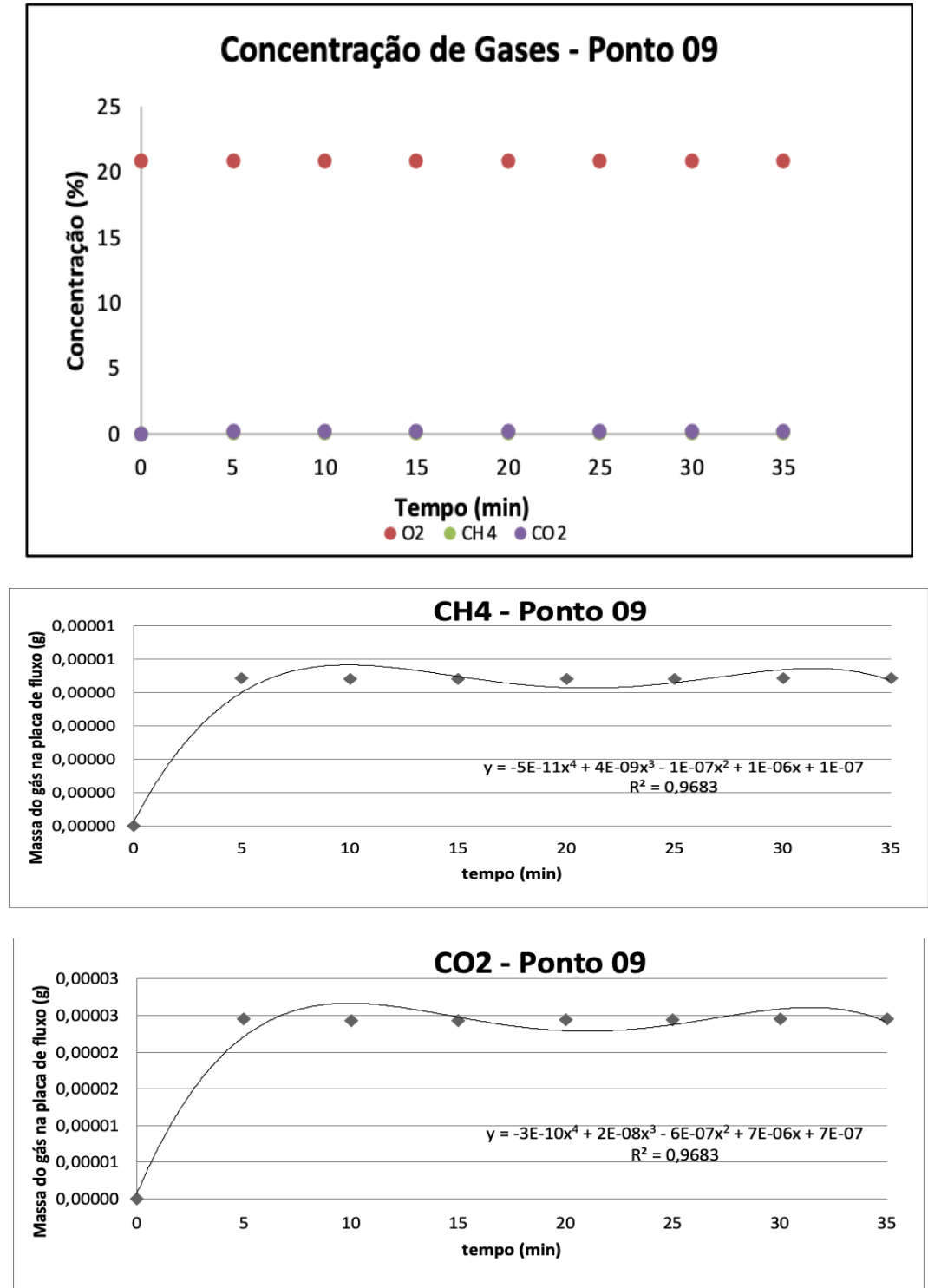
Fonte: Autores (2022).

Figura 3.32 – Concentração de gases e fluxos mássicos de metano e dióxido de carbono no Ponto 08



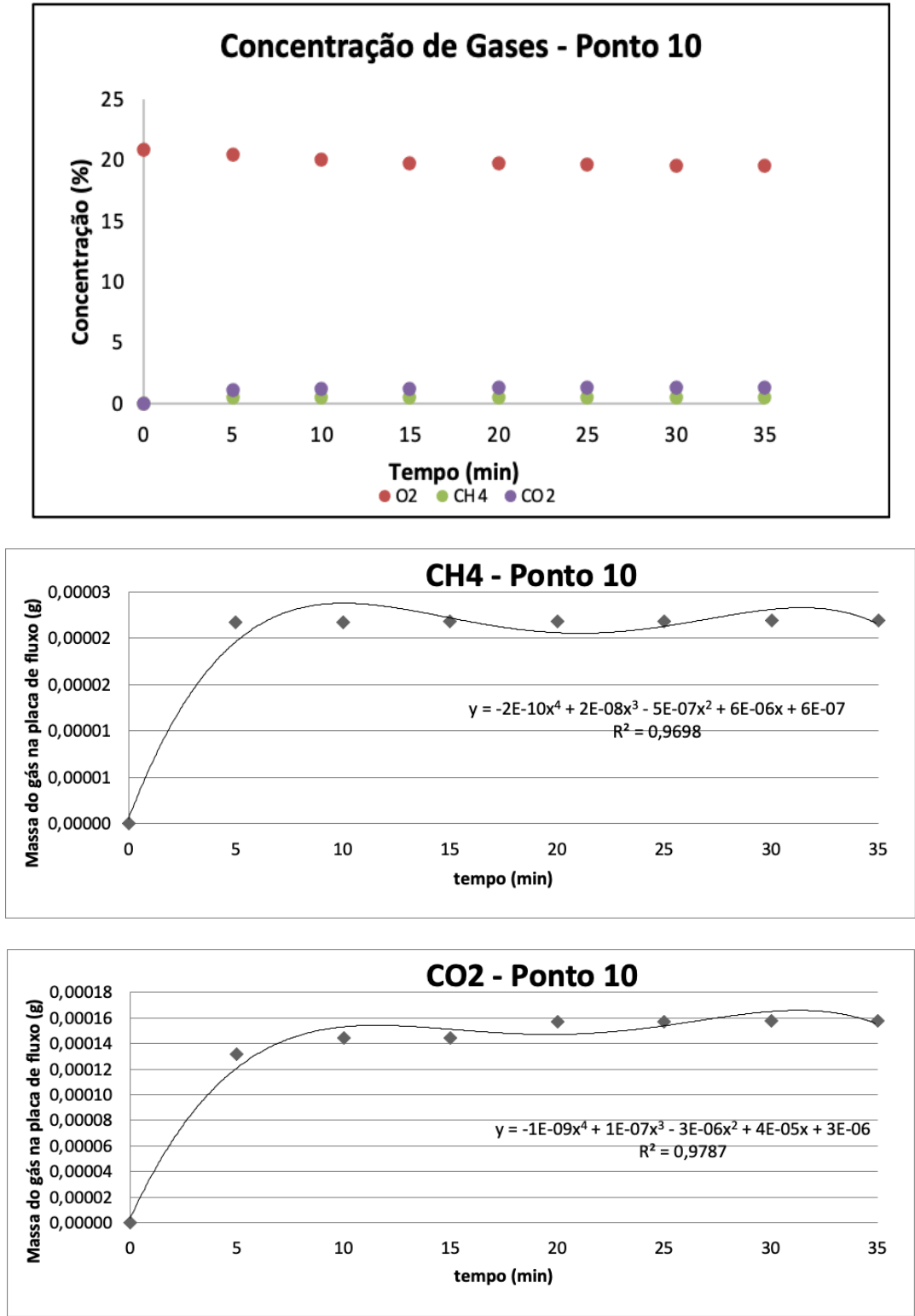
Fonte: Autores (2022).

Figura 3.33 – Concentração de gases e fluxos mássicos de metano e dióxido de carbono no Ponto 09



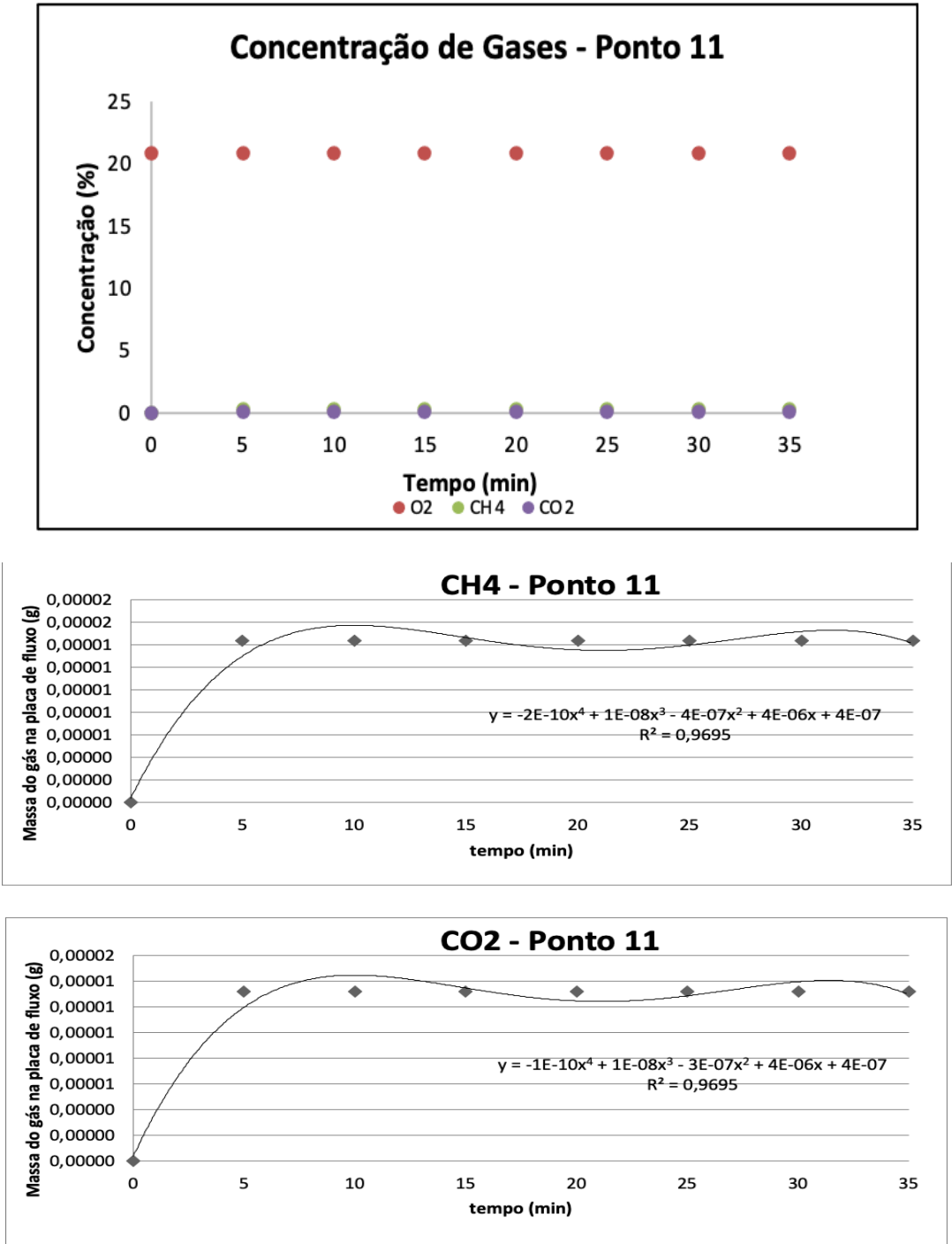
Fonte: Autores (2022).

Figura 3.34 – Concentração de gases e fluxos mássicos de metano e dióxido de carbono no Ponto 10



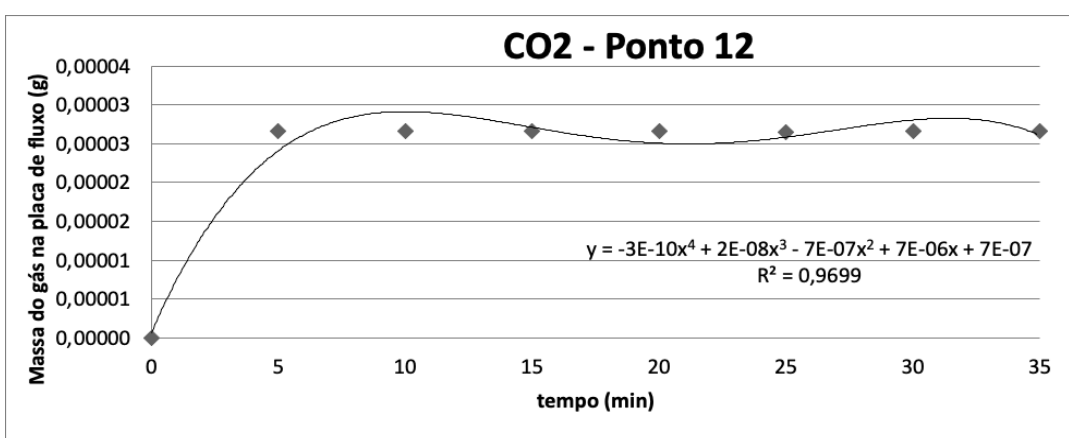
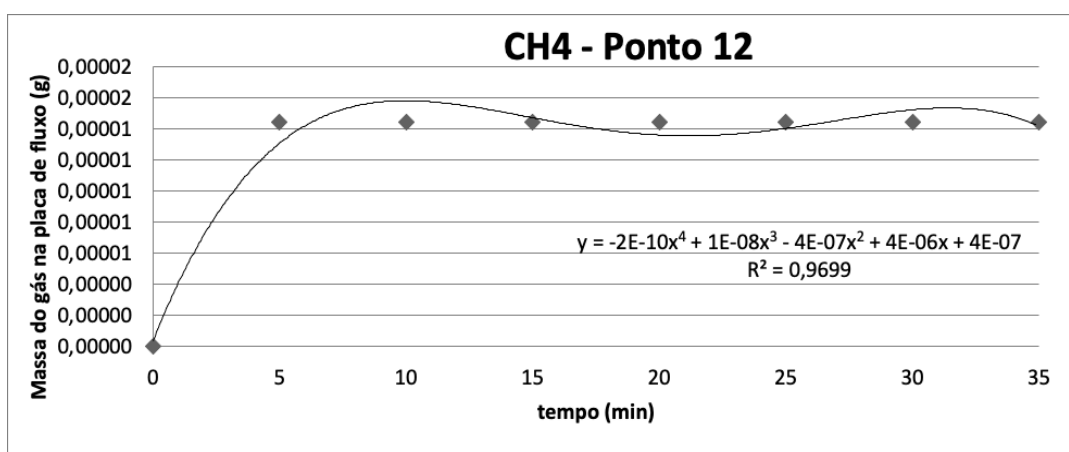
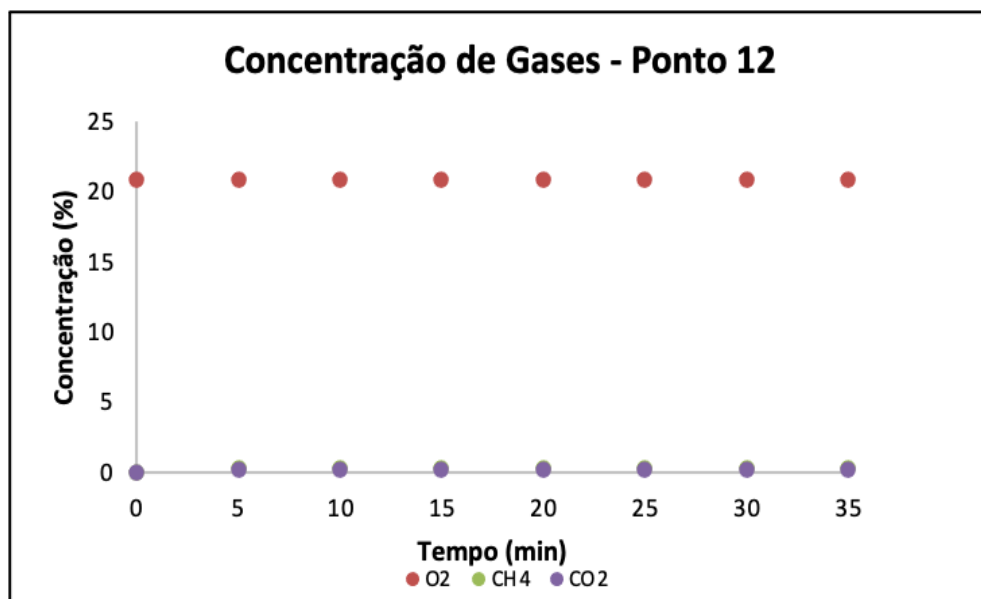
Fonte: Autores (2022).

Figura 3.35 – Concentração de gases e fluxos mássicos de metano e dióxido de carbono no Ponto 11



Fonte: Autores (2022).

Figura 3.36 – Concentração de gases e fluxos mássicos de metano e dióxido de carbono no Ponto 12



Fonte: Autores (2022).

A partir das análises gráficas obtidas nos ensaios de placa, tais valores depreendem-se que a referida área do antigo lixão do Roger concentra baixo índice de

emissões fugitivas de metano para a atmosfera. A concentração de metano variou, de 0,1% a 0,5% e a concentração de Dióxido de carbono de 0,1% a 1,3%, que são valores extremamente baixos e naturais.

Em relação ao gás sulfídrico, não se observou qualquer concentração desse gás no ensaio de placa. O H_2S é um gás traço constituinte do biogás, que não apresenta coloração, é característico por seu odor desagradável e por ser tóxico à saúde humana.

Salienta-se que as concentrações e fluxo finais do biogás encontrado indicam que não está ocorrendo emissões fugitivas pela camada de cobertura, uma vez que a concentração do biogás é muito baixa, inclusive dentro da faixa de erro dos equipamentos de campo utilizados, sendo para CH_4 ($\pm 2,0\%$), para CO_2 ($\pm 5,0\%$), para O_2 ($\pm 1,0\%$) e para H_2S ($\pm 5,0\%$).

Observa-se que para todos os ensaios tiveram uma duração de 35 minutos e que ocorreu a estabilização das concentrações logo no início do ensaio e a estabilização do fluxo nos primeiros 15 minutos do ensaio, indicando finalização do ensaio e a concentração máxima do biogás na placa.

O decaimento da variação da concentração (ΔC) com o tempo ocorre, pois no início do ensaio a concentração do gás na placa é nulo ($C = 0$), então o gradiente de concentração é máximo. No decorrer do ensaio, o volume do gás dentro da placa vai aumentando, a concentração interna aumenta, o gradiente de concentração diminui e o fluxo de gás é reduzido de acordo com a Lei de Fick, porém observa-se que o crescimento da concentração do biogás é baixa e lenta enquanto que a concentração de O_2 diminuiu lentamente com o tempo, porém muito pouco, indicando que não ocorrem emissões de gases pela camada de cobertura, onde a concentração final de O_2 encontrada é próxima de 20%, que é a que ocorre de forma natural na atmosfera, indicando que não há fluxo de gases pela camada de cobertura

4 ENSAIOS DE LABORATÓRIO

4.1 AMOSTRAS LIXÃO ROGER

As amostras analisadas correspondem aquelas coletadas nos furos de sondagem, as quais logo após encaminhadas ao Laboratório do GRS da UFPE. As amostras foram armazenadas de forma a manter a integridade, conforme apresentado na Tabela 3.1. Inicialmente, foi realizada uma análise técnica (caracterização) a cada 0,5 metros das amostras recebidas dos 13 Pontos de sondagem. Com base na caracterização e na quantidade de material necessário para a realização dos ensaios previstos, as amostras foram agrupadas conforme suas profundidades para a realização dos ensaios de umidade, sólidos voláteis (SV) e determinação do Potencial Bioquímico de Metano (BMP).

Tabela 4.1 - Quantidade e Tipo de Análise por Amostra

Amostra	Profundidade	Caracterização	Umidade (%)	Sólidos Voláteis (%)	BMP
01	Ponto 0,5-1,0	x	x	x	x
	1,00-1,50	x			
	1,50 - 2,00	x			
	2,00 -2,50	x	x	x	x
	3,00 -3,50	x			
	3,50-4,00	x			
05	Ponto 0,00 -1,00	x	x	x	x
	1,00 -2,00	x			
	2,00-3,000	x	x	x	x
06	Ponto 0,00 -1,00	x	x	x	x
	1,00 -2,00	x			
	2,00-3,00	x	x	x	x
07	Ponto 0,00 -1,00	x	x	x	x
08	Ponto 0,00-1,00	x	x	x	x
	1,00 -2,00	x			
	2,00 -3,00	x	x	x	x
	3,00 -4,00	x			
	4,00 -5,00	x	x	x	x
09	Ponto 0,00-1,00	x	x	x	x

Amostra	Amostragem	Profundidade (cm)	Caracterização (%)	Umidade (%)	Sólidos Voláteis (%)	BMP
Novo	Ponto	1,00 -2,00	x	x	x	x
		2,00 -3,00	x	x	x	x
Novo 01	Ponto	0,00 -2,00	x	x	x	x
		2,00 -4,00	x	x	x	x
		4,00-6,00	x	x	x	x
		6,00-8,00	x	x	x	x
Novo 02	Ponto	0,00 -2,00	x	x	x	x
		2,00 -4,00	x	x	x	x
		4,00-6,00	x	x	x	x
		6,00-8,00	x	x	x	x
Novo 03	Ponto	0,00 -2,00	x	x	x	x
		2,00 -4,00	x	x	x	x
		4,00-6,00	x	x	x	x
		6,00-8,00	x	x	x	x
Novo 04	Ponto	0,00 -2,00	x	x	x	x
Novo 05	Ponto	0,00 -2,00	x	x	x	x
		2,00 -4,00	x	x	x	x
		4,00-6,00	x	x	x	x
		6,00-8,00	x	x	x	x
Novo 06	Ponto	0,00 -2,00	x	x	x	x
		2,00 -4,00	x	x	x	x
		4,00-6,00	x	x	x	x
		6,00-8,00	x	x	x	x
Quantidade de Ensaios			42	34	34	34

4.2 CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS

Observou-se inicialmente que as amostras se encontravam em alto grau de homogeneização, o que dificultou a realização de uma análise de caracterização gravimétrica de forma mais detalhada visando identificar os percentuais de cada material ainda existentes. Durante a separação da amostra para a realização dos ensaios de umidade e sólidos voláteis foi possível realizar observações qualitativas dos materiais que ainda estavam presentes na amostra.

Tabela 4.2 - Caracterização das amostras

Amostra	Profundidade	Observações qualitativas
Ponto 01	0,5-1,0	Muito plástico, arame
	1,00-1,50	RCC, metal, arame, fibra de coco, tecido e vidro
	1,50 - 2,00	Plástico, RCC
	2,00 -2,50	Fibra de coco, plástico, vidro, RCC
	3,00 -3,50	vidro, RCC, areia, madeira, plástico, fibra de coco e tecido
	3,50-4,00	RCC e Plástico
Ponto 05	0,00 -1,00	Tecido, Plástico, vidro e RCC
	1,00 -2,00	Muito Tecido, plástico e vidro
	2,00-3,000	RCC, PET
Ponto 06	0,00 -1,00	Camada de cobertura
	1,00 -2,00	Vidro, Plástico, PVC, RCC e Vestígio de madeira
	2,00-3,00	RCC, areia e Plástico
	(com lavagem)	
Ponto 07	0,00 -1,00	Muito plástico, tecido e RCC
Ponto 08	0,00 -0,80	Camada de cobertura
	0,00-1,00	Muito plástico e RCC
	1,00 -2,00	RCC e plástico
	2,00 -3,00	Galho, plástico e Vidro
	3,00 -4,00	Muito plástico, RCC
	4,00 -5,00	Muito arame, muito plástico, fibra de coco e vidro
Ponto 09	0,00 - 0,45	Camada de cobertura
	0,00-1,00	plástico, vidro, RCC e Fibra de coco
Ponto Novo	1,00 -2,00	Muito plástico
	2,00 -3,00	Muita fibra de coco, muito plástico, RCC
Ponto Novo 01	2,00	Plástico, RCC
	4,00	Plástico, RCC
	6,00	Muito plástico, úmido, fibra de coco, RCC
	8,00	Plástico, areia (argilosa)
Ponto Novo 02	2,00	Muito plástico, RCC, concreto, fibra de coco, acrílico, vidro
	4,00	Plástico, RCC, fibra de coco
	6,00	Muito úmido, plástico, RCC, areia, fibra de coco, papel alumínio
	8,00	Muito úmido, fibra de coco, plástico e RCC
Ponto Novo 03	2,00	RCC
	4,00	Plástico, RCC, cerâmica
	6,00	Muito úmido, muito plástico, RCC
	8,00	Muito úmido, RCC, plástico
Ponto Novo 04	2,00	Plástico, RCC
Ponto Novo 05	2,00	RCC
	4,00	RCC, madeira

Amostra	Profundidade	Observações qualitativas
	6,00	Muito úmido, plástico duro, fibra de coco
	7,25	Muito úmido, RCC, solo orgânico
Ponto Novo 06	2,00	Muito úmido, plástico, madeira
	4,00	Muito úmido, pouco plástico, fibra de coco, areia argilosa
	6,00	Muito plástico, RCC, solo argiloso
	8,00	Vidro, pouco úmido, fibra de coco, plástico, RCC

Fonte: Autores (2022).

4.3 DETERMINAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE

A determinação do teor de umidade apresenta-se como um dos parâmetros de grande relevância, visto que ele afeta diretamente o peso específico do resíduo, bem como o parâmetro químico e hidrológico do aterro sanitário (NOUSHEEN ARIF, 2010). Esse parâmetro pode ser utilizado para analisar a possibilidade de biodegradação dos resíduos, visto que a disponibilidade de água no meio é um dos fatores que poderá influenciar na atividade microbiana. Segundo a literatura, teores de umidade abaixo de 20% determina uma reação inibitória a degradação. Neste sentido, quanto menor o teor de umidade, menor será a geração de biogás.

A determinação do teor de umidade foi realizada através do método do peso úmido, baseado na NBR 6457 (1986). Desta forma as amostras do Lixão do Roger foram separadas, pesadas e levadas à estufa até verificada a estabilização do material, a uma temperatura constante de aproximadamente 105°C (Figura 4.1).

Figura 4.1 – Amostras separadas para realização do ensaio de umidade



Amostra ao chegar no GRS

Ponto 7

O procedimento foi finalizado quando verificada a estabilização. A Equação 1 apresenta o cálculo utilizado para a obtenção do teor de umidade das amostras. A Figura abaixo apresenta as amostras após submetidas à estufa e verificada a estabilização.

$$\%W_w = \frac{(M_{inicial} - M_{final})}{M_{inicial}} \times 100 \quad \text{Equação 1}$$

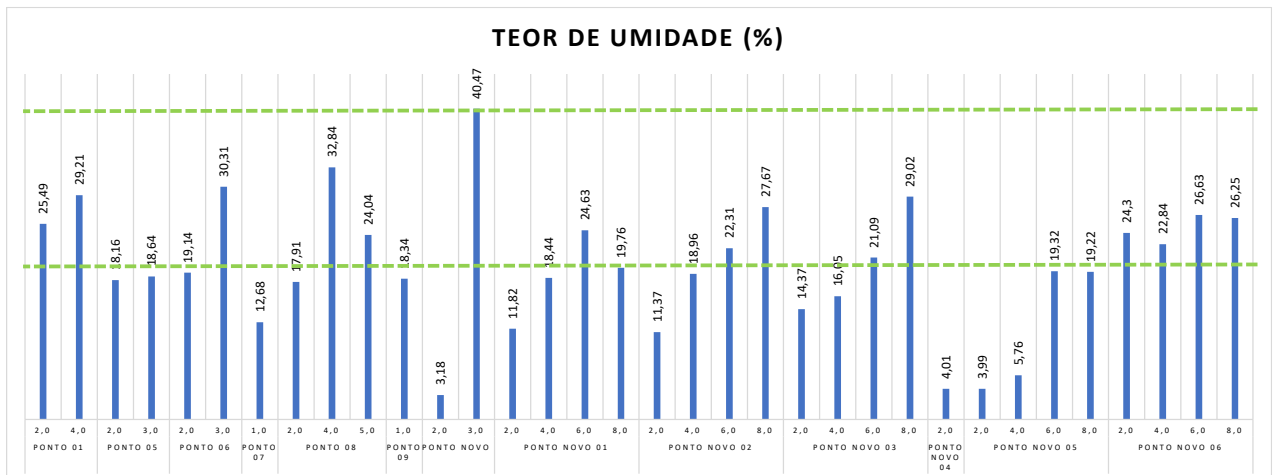
Figura 4.2 – Amostras após ensaio de umidade - verificada a estabilização



Fonte: Autores (2022).

A Figura 4.3 apresenta os resultados obtidos após os ensaios de umidade no laboratório. Observa-se que as profundidades com maior teor de umidade foi entre 2m e 4m para todos os furos de sondagem. O Furo *Ponto Novo*, possui o maior percentual de umidade dentre os pontos de sondagem representados na profundidade com percentual de aproximadamente 40,57 %, após a caracterização foi constatado uma quantidade elevada de Fibras de Coco, muito plástico e RCC. Já o menor percentual também foi encontrado no Furo *Ponto Novo* na profundidade 1m-2m, indicando que neste ponto provavelmente é menor a biodegradabilidade dos materiais.

Figura 4.3 – Resultados do teor de umidade



Fonte: Autores (2022).

Observa-se um teor médio de umidade de 19,95%, indicando um baixo valor de matéria orgânica presente no meio.

Como é sabido, os teores de umidade observados em aterros são basicamente função de altos valores de teores de matéria orgânica, pois os componentes inorgânicos, tais como plástico e papel, produzem teores de umidade abaixo de 10% (Knochenmus et al, 1998).

Teores de umidades abaixo de 40%, pode limitar as reações biológicas, e abaixo de 20% o processo de decomposição da matéria orgânica é inibido (Santos, 1997).

4.4 DETERMINAÇÃO DO TEOR DE SÓLIDOS VOLÁTEIS

A determinação do teor de sólidos voláteis permite obter o percentual de cinzas e indiretamente a quantidade de matéria carbonácea ainda existente na amostra. Assim, as amostras preparadas, após submetidas aos ensaios de umidade, foram peneiradas (Peneira N°04), a fim de retirar os plásticos, conforme Figura 4.4.

Figura 4.4 – Ensaio de Sólidos Voláteis - Preparação da amostra para calcinação



Fonte: Autores (2022).

Após o peneiramento as amostras foram colocadas em cadinhos de porcelana e levadas a uma temperatura de calcinação de 550-650°C por 3 horas na mufla. Ao final, o teor de sólidos voláteis foi determinado através da Equação 2, onde a massa inicial é o peso obtido antes da calcinação e a massa final é o peso após a calcinação. A Figura 3.5 apresenta as amostras após submetidas a calcinação.

$$\%SV = \frac{(M_{inicial} - M_{final})}{M_{inicial}} \times 100 \quad \text{Equação 2}$$

Figura 4.5 – Amostras após calcinação na mufla



Fonte: Autores (2022).

A Tabela abaixo apresenta os resultados os ensaios de umidade e sólidos voláteis das amostras ensaiadas.

Tabela 4.3 - Resultados de Umidade e Sólidos Voláteis das amostras

Amostra	Profundidade	Umidade (%)	Sólidos Voláteis (%)
Ponto 01	0,5-1,0	25,49	9,03
	1,00-1,50		
	1,50 - 2,00		
	2,00 -2,50	29,21	10,74
	3,00 -3,50		
	3,50-4,00		
Ponto 05	0,00 -1,00	18,16	7,40
	1,00 -2,00		
	2,00-3,000	18,64	3,09
Ponto 06	0,00 -1,00	19,14	5,35
	1,00 -2,00		
	2,00-3,00	30,31	7,51
Ponto 07	0,00 -1,00	12,68	10,99
	0,00-1,00	17,91	13,74
Ponto 08	1,00 -2,00	32,84	8,33
	2,00 -3,00		
	3,00 -4,00	24,04	6,26
	4,00 -5,00		
Ponto 09	0,00-1,00	18,34	12,64
Ponto Novo	1,00 -2,00	3,18	16,69
	2,00 -3,00	40,57	3,93
Ponto Novo 01	2,00	11,82	7,05
	4,00	18,44	8,78
	6,00	24,63	18,90
	8,00	19,76	8,43
Ponto Novo 02	2,00	11,37	8,61
	4,00	18,96	13,59
	6,00	22,31	8,58
	8,00	27,67	13,56
Ponto Novo 03	2,00	14,37	5,16
	4,00	16,05	5,84
	6,00	21,09	8,03
	8,00	29,02	11,55
Ponto Novo 04	2,00	4,01	7,56
Ponto Novo 05	2,00	3,99	6,22
	4,00	5,76	4,71
	6,00	19,32	6,55
	8,00	19,22	7,98
Ponto Novo 06	2,00	24,30	9,35
	4,00	22,84	9,81

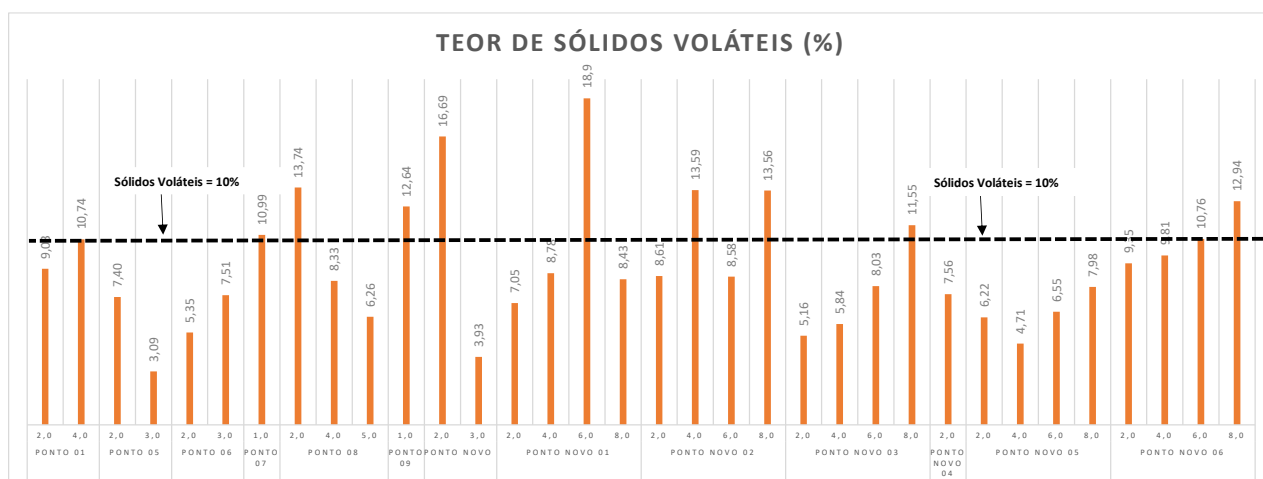
Amostra	Profundidade	Umidade (%)	Sólidos Voláteis (%)
	6,00	26,63	10,76
	8,00	26,25	12,94

Fonte: Autores (2022).

Observa-se que os valores obtidos são muito baixos, em geral, menores de 10%. O valor médio de sólidos voláteis foi de 9,11%. Das 34 amostras analisadas, apenas 11 (Furos Ponto 07, Ponto 09 e Ponto Novo) apresentaram valores acima de 10% e nas profundidades mais superficiais (entre 0 e 1 metro), apenas 2 apresentam teores de sólidos voláteis maiores de 15% e Todas as amostras apresentam valores menores que 20%.

A Figura 3.6 apresenta o teor de sólidos voláteis (%) por furo e por profundidade.

Figura 4.6 – teor de sólidos voláteis (%) por furo e por profundidade



Fonte: Autores (2022).

Observa-se também que as amostras que apresentam maiores valores de sólidos voláteis encontram-se mais próximo a superfície, indicando uma influência do ambiente na quantidade de sólidos voláteis. Os valores obtidos são, muito baixos, variando entre 3,09% e 18,90%.

Segundo Kelly (2002) e Alves (2008), teores de sólidos voláteis inferiores a 20% indicam a estabilização por conterem uma quantidade mínima de material ainda a ser degradável; já Maciel (2009), afirma que a bioestabilização é identificada quando o teor de sólidos voláteis se encontra menores que 10%.

Assim, pode-se aferir que as amostras analisadas dos resíduos provenientes do Lixão do Roger indicaram um resíduo já está estabilizado e de difícil degradação,

demonstrando um menor teor de matéria carbonácea, o que indica um material no estágio final de degradação.

4.5 ENSAIO DO POTENCIAL BIOQUÍMICO DE METANO - BMP (BIOCHEMICAL METHANE POTENTIAL)

O ensaio BMP permite avaliar a biodegradabilidade e a geração de biogás/metano dos substratos. Estes experimentos laboratoriais são realizados na ausência de oxigênio e em condições ótimas de umidade, temperatura, granulometria e a depender dos inóculos adotados, uma boa flora de microrganismos e nutrientes também são disponíveis para o processo de digestão anaeróbia.

O sistema experimental é composto por frascos de borossilicato de 250mL, com tampas rosqueadas de nylon, contendo duas válvulas para coleta do biogás e acoplamento do manômetro de 1kgf/cm² com escala de 0,1kgf/cm², além de anéis de borracha nas suas conexões para garantir uma melhor vedação.

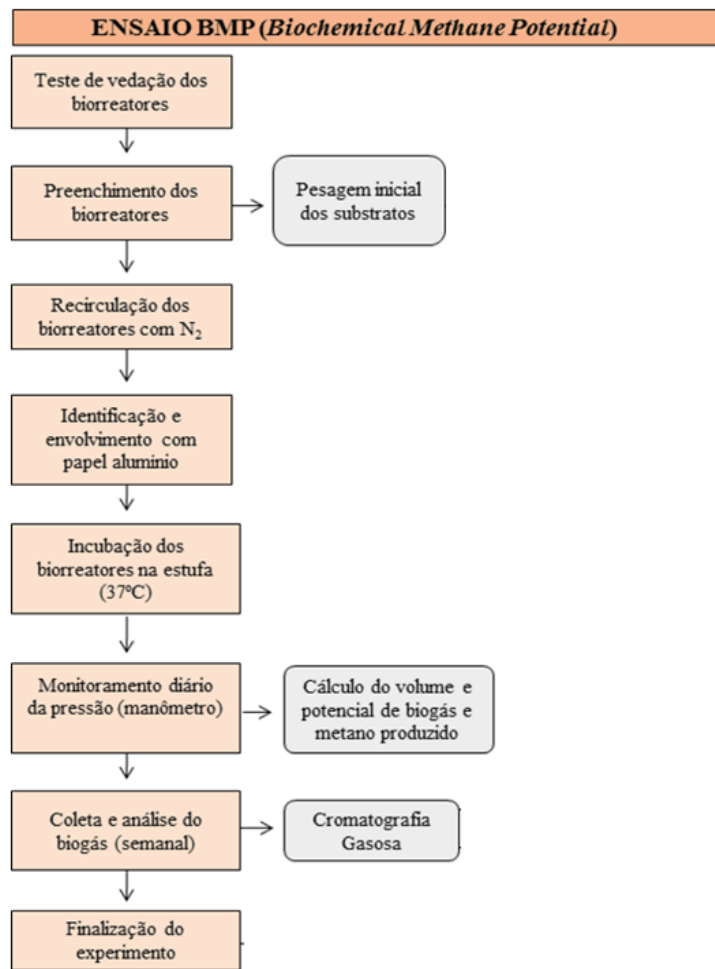
Figura 4.7 – Biorreatores utilizados em ensaios BMP



Fonte: FIRMO (2013)

O método adotado é baseado na metodologia descrita por Hansen et al. (2004), adaptada por Alves (2008). Os ensaios são realizados em triplicatas e compostos por 8 etapas principais, conforme mostrado na Figura 3.8.

Figura 4.8 – Fluxograma das etapas do ensaio BMP



4.5.1 TESTE DE VEDAÇÃO DOS BIORREADORES

Os biorreatores são selecionados a partir do teste de vedação que objetiva a localização de possíveis fugas e, caso positivo, a remediação das mesmas, assegurando a condição de anaerobiose do processo.

A identificação de possíveis vazamentos se dá através da injeção do ar comprimido proveniente do equipamento Tri-Flex 2, da marca ELE Internacional e, posterior verificação da pressão que se encontra no manômetro acoplado ao biorreator. Caso ocorra a diminuição da pressão, busca-se a identificação do vazamento através da inserção dos biorreatores (com ar no interior do frasco) em um balde com água.

4.5.2 PREENCHIMENTO DOS BIORREADORES

O ensaio BMP geralmente consiste na pesagem e preenchimento dos biorreatores de acordo com as configurações preestabelecidas. A relação de substrato/inóculo

usualmente adotada pelos pesquisadores é de 1:11 (5 gramas de resíduos e 50ml de inóculo) em função da disponibilidade de um maior percentual de nutrientes, micro-organismos e teor de umidade favorecido pelo inóculo, visando a otimização da geração de biogás e metano no ensaio BMP. As configurações serão determinadas com base nas amostras encaminhadas ao GRS. O inóculo utilizado foi o digestato, proveniente da Planta piloto de resíduos orgânicos, localizada no Centro de Abastecimento e Logística de Pernambuco - CEASA/PE - O.S , na cidade de Recife/PE. (Angelidaki et al. 2009 sugerem a utilização de um inóculo fresco proveniente de reator anaeróbio ativo, isto é, plantas de biogás que degradam dejetos ou lodo de reatores anaeróbios de plantas de tratamento de esgoto doméstico, pois sua composição possui uma ampla gama microbiana ampla (bactérias hidrolíticas, bactérias acidogênicas e arqueas biometanogênicas))

Após o preenchimento dos biorreatores com os substratos selecionados, faz-se necessária a circulação de nitrogênio para retirar o oxigênio do interior dos frascos e garantir a condição de anaerobiose. O N₂ é circulado por cerca de 2 minutos, através das válvulas acopladas na tampa, fazendo com que antes do término da circulação, a válvula seja fechada e seja impedida a entrada do oxigênio no meio.

Posteriormente, a pressão de N₂ é aliviada até 0,10. Este valor simbólico foi definido para ajudar na visualização de possíveis fugas de gases ao longo do experimento. Em seguida os biorreatores são envolvidos com papel alumínio para evitar que a ação da luz influencie na biodegradação anaeróbia, principalmente no que se refere ao desenvolvimento de fungos. Os biorreatores são incubados na estufa Tecnal TE-393/2 a uma temperatura de 37°C±2°C durante todo o experimento (Figura 8), que segundo diversos autores correspondem a temperatura ótima da faixa mesofílica.

Figura 4.9 – Preenchimento dos BMPs



Preparação dos BMPs

Estufa a 37°C – Condição Mesofílica

Fonte: Autores (2022).

4.5.3 MONITORAMENTO, COLETA E ANÁLISE VOLUMÉTRICA DO BIOGÁS

O monitoramento da pressão interna é realizado diariamente através da leitura no manômetro acoplado nos biorreatores e, posteriormente dispostas em planilhas do Microsoft Office Excel, juntamente com outras informações para a geração do cálculo do volume de biogás gerado em cada biorreator em NmL.

A análise volumétrica do biogás segue o método da cromatografia gasosa (CG) em função da maior sensibilidade do equipamento para a pequena quantidade de volume gerado. As análises são realizadas no Cromatógrafo Gasoso APPA GOLD, com detector de condutividade térmica (TCD), coluna Porapak N e temperatura do forno de 60 °C, através da injeção do biogás para identificação da concentração do dióxido de carbono (CO₂) e metano (CH₄). Ressalta-se que antes da análise no Cromatógrafo Gasoso é necessária a calibração do equipamento com uma composição gasosa padrão que contém 60% CH₄ e 40% de CO₂.

Com a finalidade de garantir a estabilização do ensaio e a avaliação do Potencial Máximo de Geração de Metano cada ensaio teve uma duração mínima de 30 dias.

4.5.4 AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE BIOGÁS E METANO

A quantidade de biogás ou metano representa o volume acumulado (L₀) de biogás ou metano por massa do resíduo aplicada em cada reator. Foi obtido através da subtração

do volume acumulado de biogás ou metano (VAs) das configurações (substrato + inóculo) pelo volume acumulado do branco do inóculo (VAi) e divide o resultado massa do resíduo seco (g) ou em termos de sólidos totais voláteis (g SV), de acordo com a Equação 3.

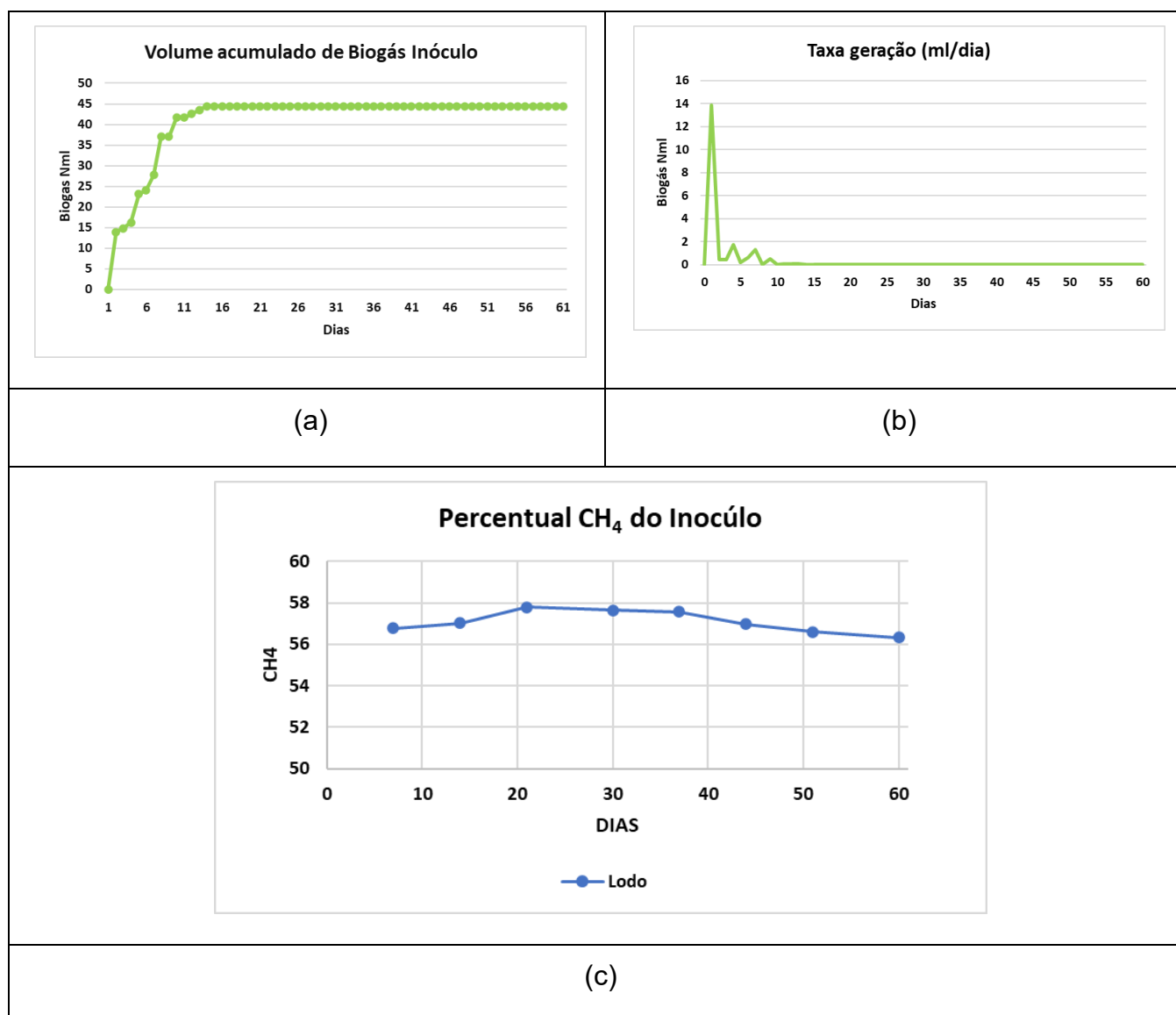
$$L0 = \frac{VA_s - VA_i}{gSV_{residuo}} \quad \text{Equação 3}$$

Para uma melhor compreensão dos resultados obtidos e avaliação do potencial de geração de biogás do resíduo ainda aterrado, as análises serão realizadas por cada Furo de sondagem realizado.

Neste sentido, a Figura 3.10 apresenta apenas os resultados do inóculo, que como descrito na metodologia tem apenas a finalidade de otimização da geração de biogás e metano no ensaio BMP. Da Figura 4.11 até a Figura 65 estão representados os resultados dos ensaios BMP para cada Furo de Sondagem. Cada amostra foi identificada como Amostra: Ponto X e temos 3 gráficos que representam cada ensaio com as seguintes informações:

- a) volume acumulado de biogás tanto para a amostra + inóculo, quanto para o inóculo;
- b) taxa de geração de biogás para amostra + inóculo
- c) Percentual de CH₄ por ensaio x tempo

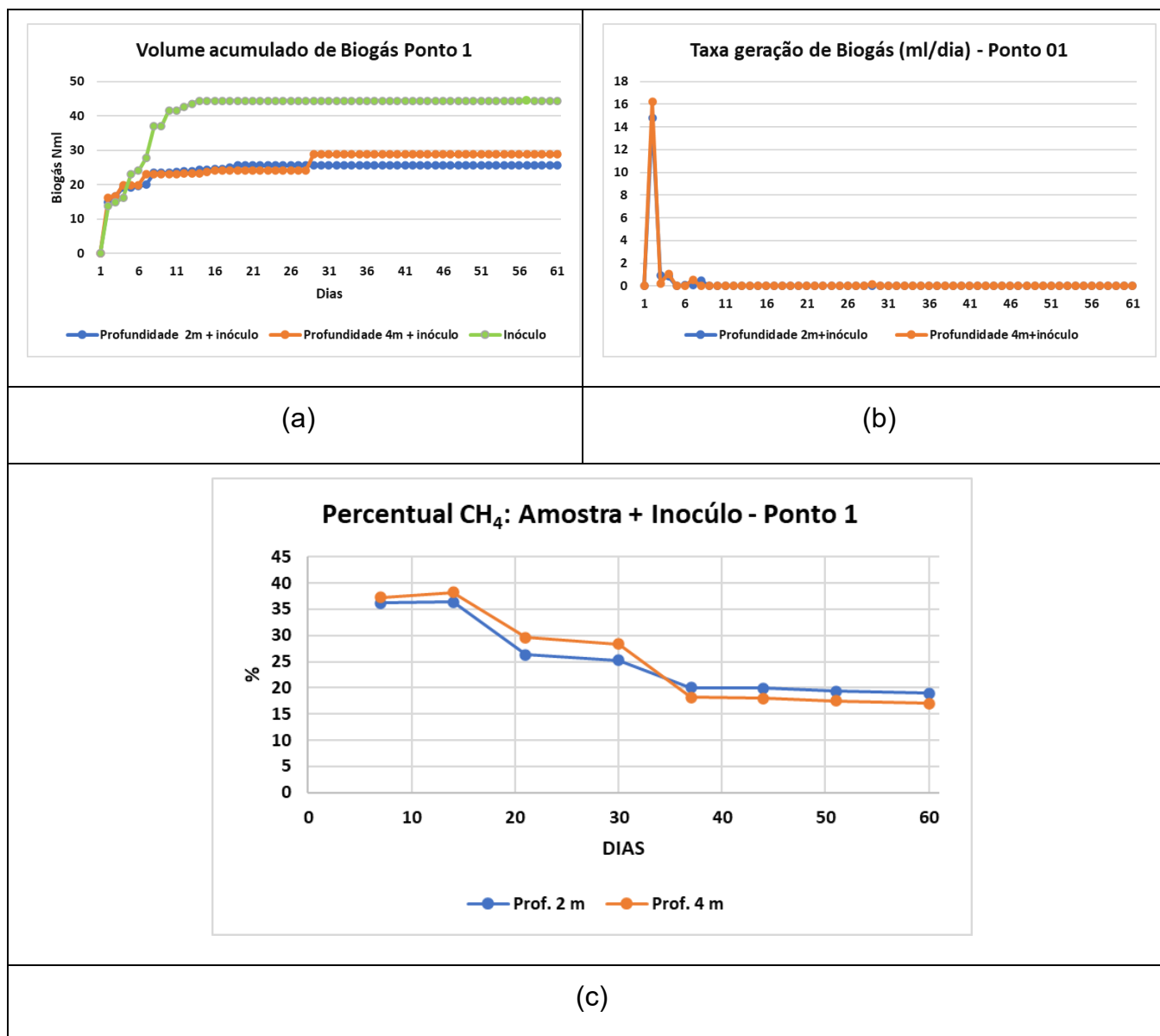
Figura 4.10 – Volume Acumulado de biogás (a), Taxa de geração (b) e Percentual de CH₄ (c) - Amostra Inóculo



Fonte: Autores (2022).

Inóculo: Foi realizado 1 ensaio com o inóculo. O tempo de duração do ensaio foi de 60 dias. O volume acumulado de biogás para o inóculo 45 Nml (a). A partir do 13º. dia não ocorreu mais aumento do volume acumulado do biogás, indicando uma estabilização do ensaio. A Taxa de geração de biogás máxima foi de 14 (mL/dia) (b). A concentração de CH₄ aumentou gradativamente ao longo do ensaio e estabilizou em 58% (c).

Figura 4.11 – Volume Acumulado de biogás (a), Taxa de geração (b) e Percentual de CH₄ (c) - Amostra Ponto 1

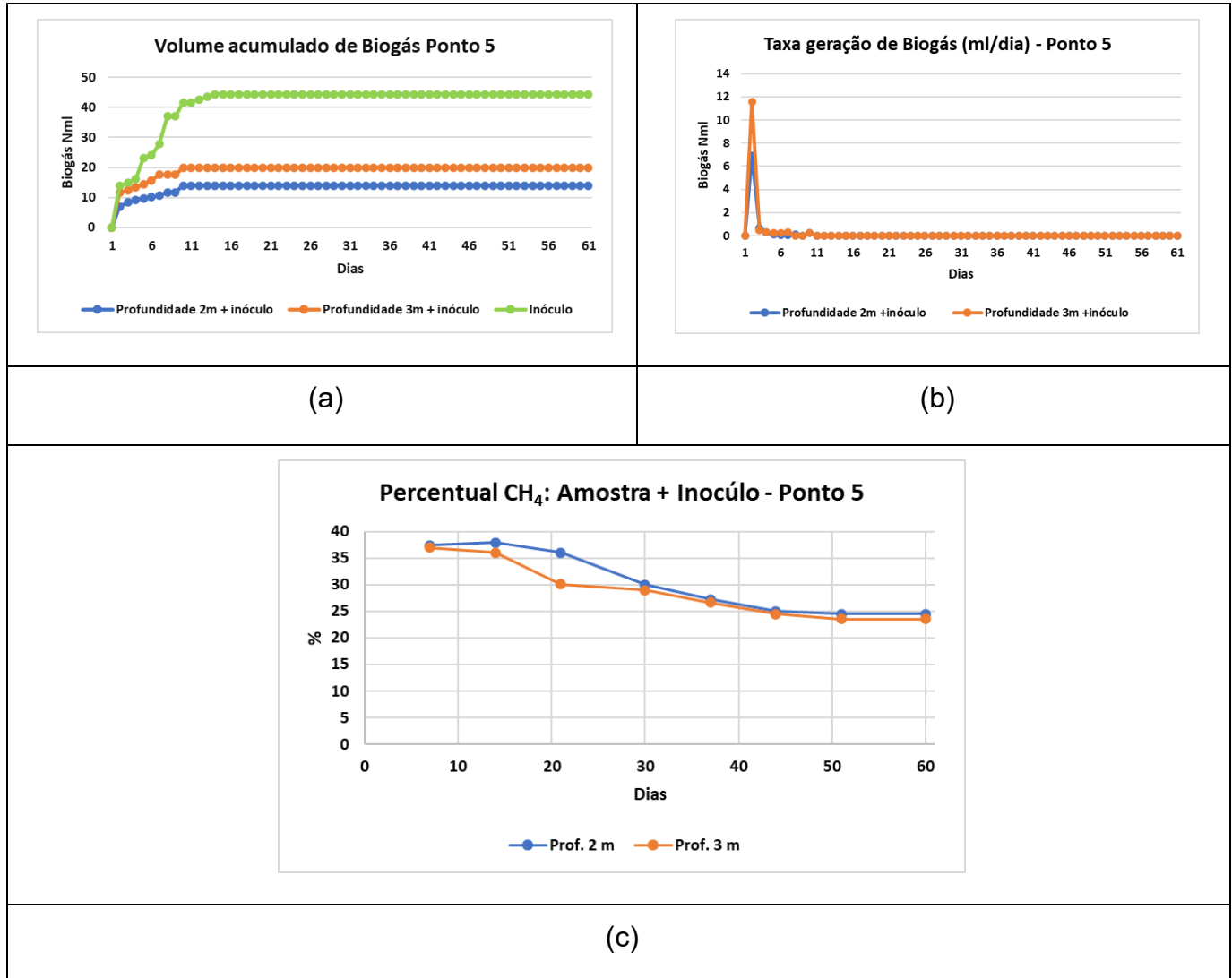


Fonte: Autores (2022).

- Furo de Sondagem 1: Foram realizados 2 ensaios de BMP (amostra + inóculo). O tempo de duração do ensaio foi de 60 dias. O volume acumulado de biogás para o inóculo foi maior que para a mistura resíduo + inóculo nas 2 profundidades ensaiadas (a). A partir do 7º. dia não ocorreu mais aumento do volume acumulado do biogás, indicando uma estabilização do ensaio. A Taxa de geração de biogás máxima foi de 15 (mL/dia) (b). A concentração de CH₄ diminuiu ao longo do ensaio (c). Observando o comportamento apresentado, pode-se inferir os resíduos ensaiados neste ponto não apresentam potencial

de geração CH_4 , este fato se dar devido ao baixo teor de sólidos voláteis (matéria orgânica) e pouca umidade.

Figura 4.12 – Volume Acumulado de biogás (a), Taxa de geração (b) e Percentual de CH_4 (c) - Amostra Ponto 5

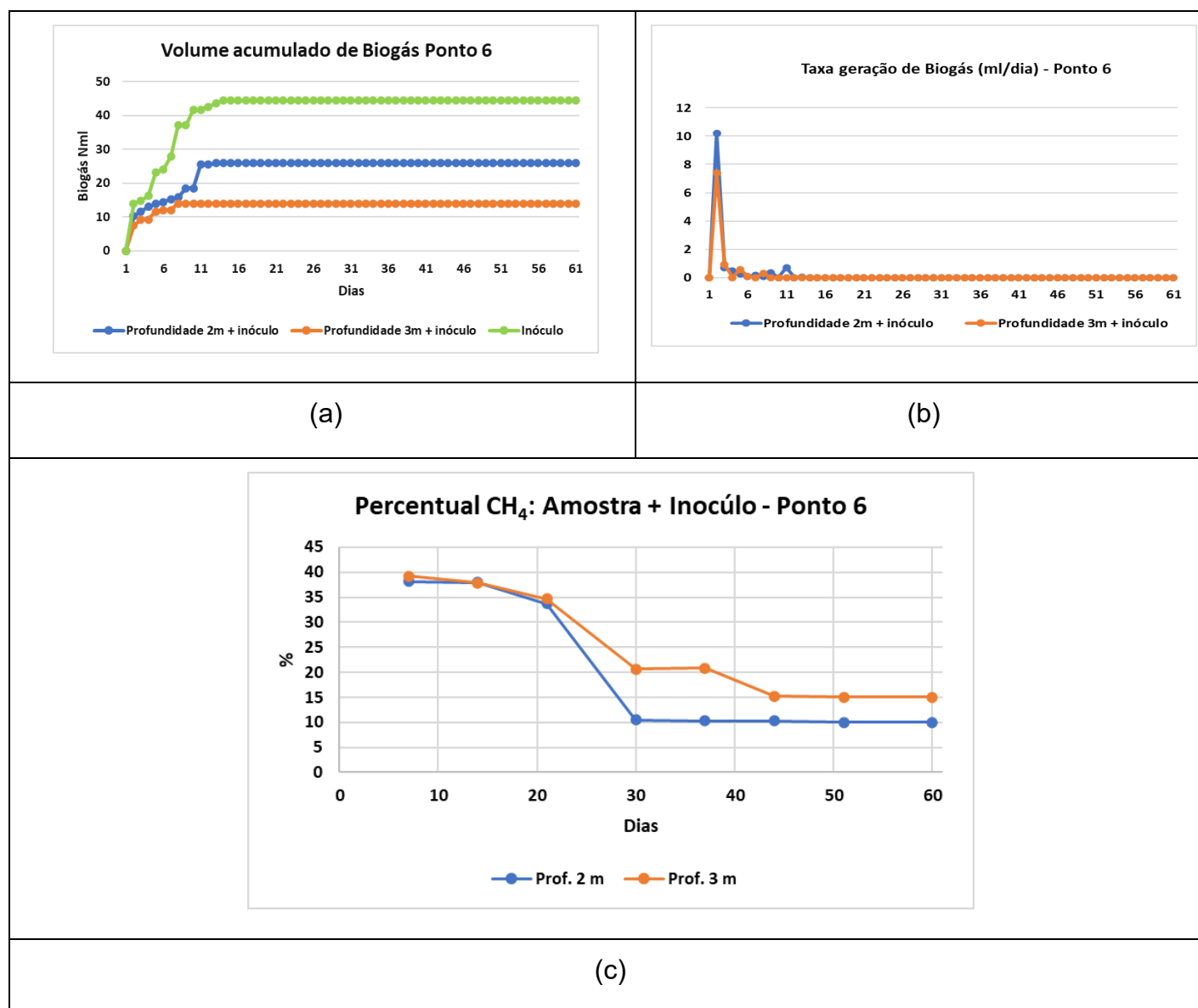


Fonte: Autores (2022).

- Furo de Sondagem 5: Foram realizados 2 ensaios de BMP (amostra + inóculo). O tempo de duração do ensaio foi de 60 dias. O volume acumulado de biogás para o inóculo foi maior que para a mistura resíduo + inóculo nas 2 profundidades ensaiadas (a). A partir do 13º. dia não ocorreu mais aumento do volume acumulado do biogás, indicando uma estabilização do ensaio. A Taxa de geração de biogás máxima foi de 12 (mL/dia) (b). A concentração de CH_4 diminuiu ao longo do ensaio (c). Observando o comportamento

apresentado, pode-se inferir os resíduos ensaiados neste ponto não apresentam potencial de geração CH_4 , este fato se dar devido ao baixo teor de sólidos voláteis (matéria orgânica) e pouca umidade.

Figura 4.13 – Volume Acumulado de biogás (a), Taxa de geração (b) e Percentual de CH_4 (c) - Amostra Ponto 6

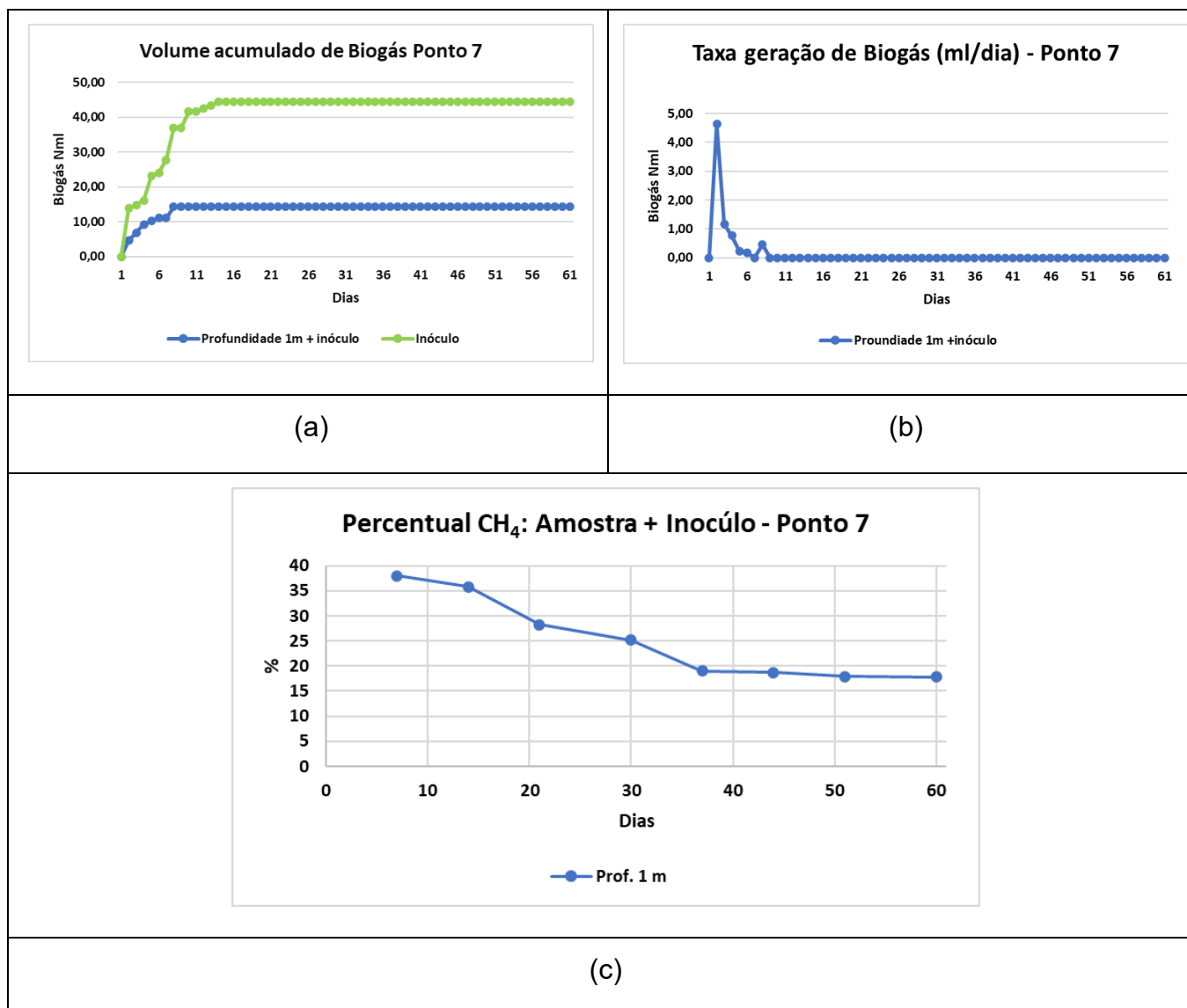


Fonte: Autores (2022).

Furo de Sondagem 6: Foram realizados 2 ensaios de BMP (amostra + inóculo). O tempo de duração do ensaio foi de 60 dias. O volume acumulado de biogás para o inóculo foi maior que para a mistura resíduo + inóculo nas 2 profundidades ensaiadas (a). A partir

do 11º. dia não ocorreu mais aumento do volume acumulado do biogás, indicando uma estabilização do ensaio. A Taxa de geração de biogás máxima foi de 10 (mL/dia) (b). A concentração de CH₄ diminuiu ao longo do ensaio (c). Observando o comportamento apresentado, pode-se inferir os resíduos ensaiados neste ponto não apresentam potencial de geração CH₄, este fato se dar devido ao baixo teor de sólidos voláteis (matéria orgânica) e pouca umidade.

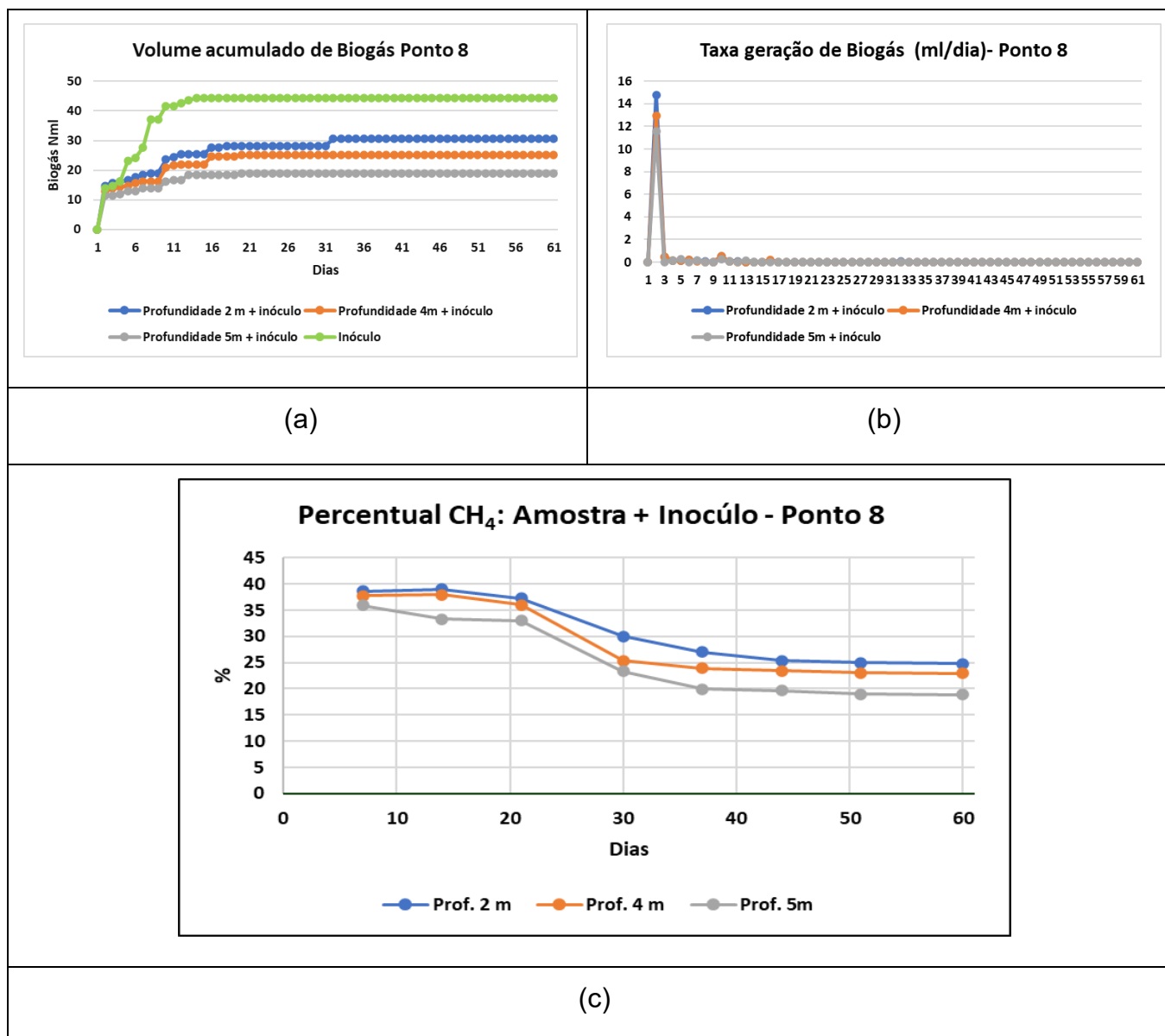
Figura 4.14 – Volume Acumulado de biogás (a), Taxa de geração (b) e Percentual de CH₄ (c) - Amostra Ponto 7



Fonte: Autores (2022).

Furo de Sondagem 7: Foi realizado 1ensaio de BMP (amostra + inóculo). O tempo de duração do ensaio foi de 60 dias. O volume acumulado de biogás para o inóculo foi maior que para a mistura resíduo + inóculo na profundidade ensaiada (a). A partir do 8º. dia não ocorreu mais aumento do volume acumulado do biogás, indicando uma estabilização do ensaio. A Taxa de geração de biogás máxima foi de 05 (mL/dia) (b). A concentração de CH₄ diminuiu ao longo do ensaio (c). Observando o comportamento apresentado, pode-se inferir os resíduos ensaiados neste ponto não apresentam potencial de geração CH₄, este fato se dar devido ao baixo teor de sólidos voláteis (matéria orgânica) e pouca umidade.

Figura 4.15 – Volume Acumulado de biogás (a), Taxa de geração (b) e Percentual de CH₄ (c) - Amostra Ponto 8

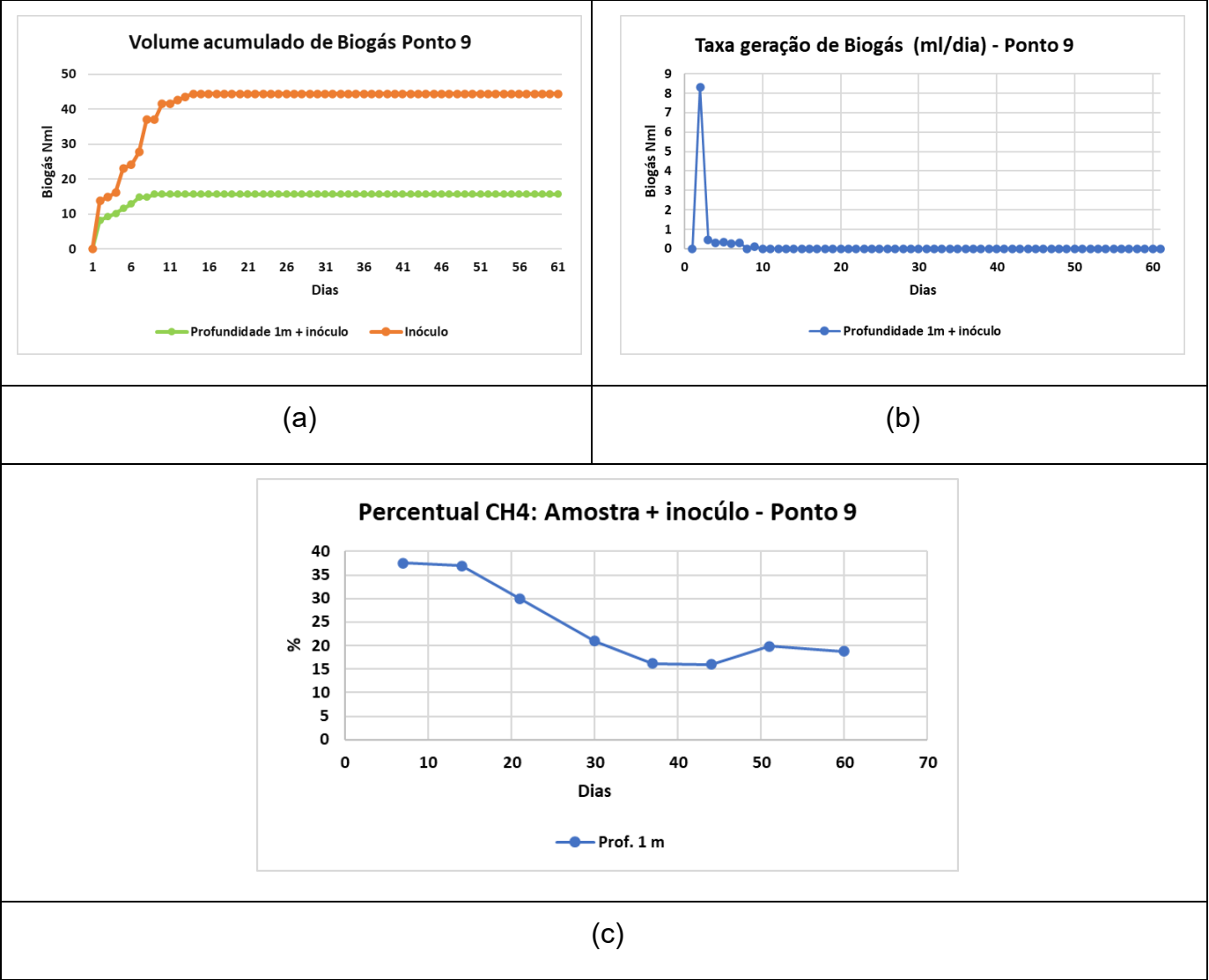


Fonte: Autores (2022).

Furo de Sondagem 8: Foram realizados 3 ensaios de BMP (amostra + inóculo). O tempo de duração do ensaio foi de 60 dias. O volume acumulado de biogás para o inóculo foi maior que para a mistura resíduo + inóculo nas 3 profundidades ensaiadas (a). A partir do 16º. dia não ocorreu mais aumento do volume acumulado do biogás, indicando uma estabilização do ensaio. A Taxa de geração de biogás máxima foi de 13 (mL/dia) (b). A concentração de CH₄ diminuiu ao longo do ensaio (c). Observando o comportamento apresentado, pode-se inferir os resíduos ensaiados neste ponto não apresentam potencial

de geração CH_4 , este fato se dar devido ao baixo teor de sólidos voláteis (matéria orgânica) e pouca umidade.

Figura 4.16 – Volume Acumulado de biogás (a), Taxa de geração (b) e Percentual de CH_4 (c) - Amostra Ponto 9

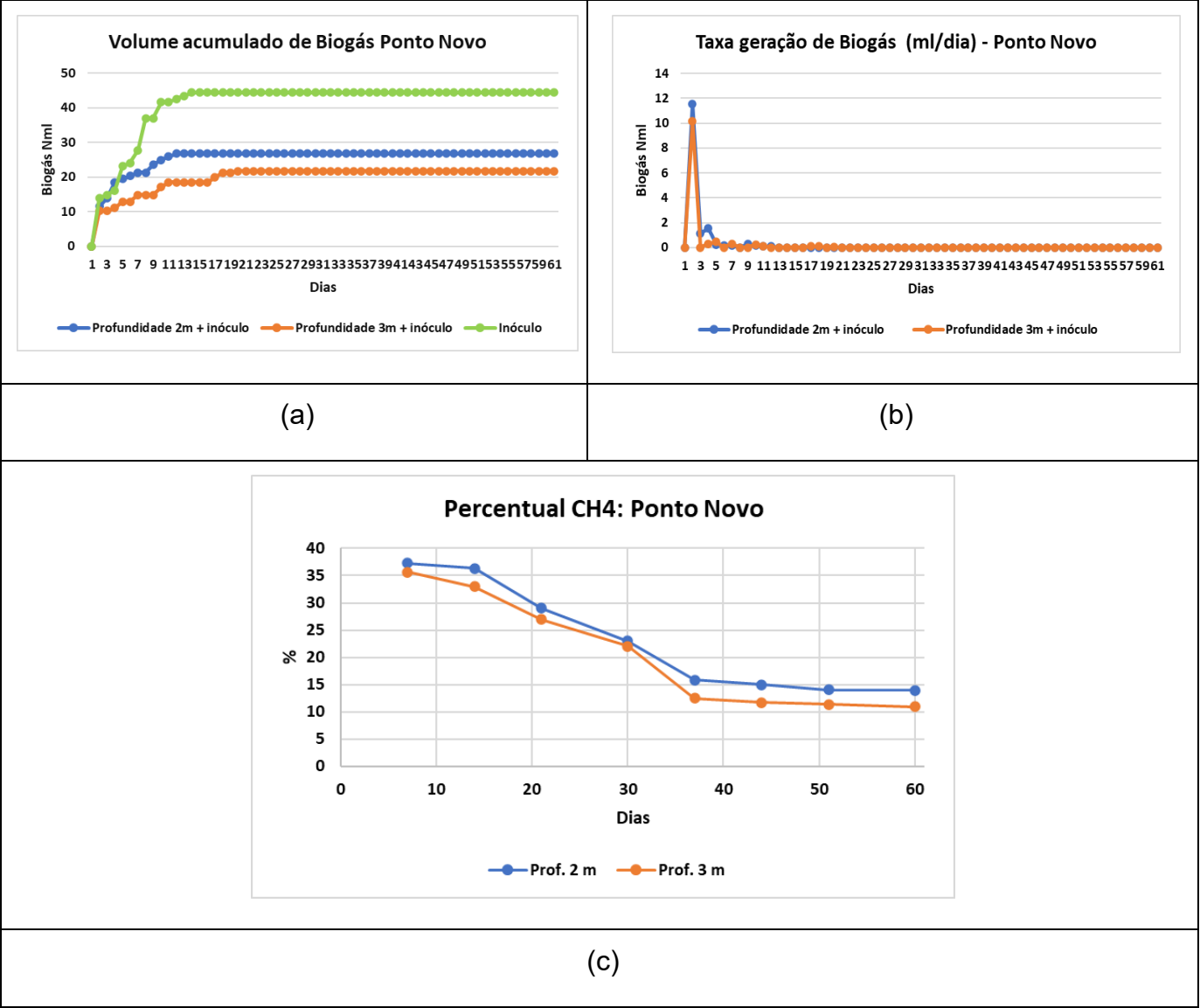


Fonte: Autores (2022).

Furo de Sondagem 9: Foram realizados 2 ensaios de BMP (amostra + inóculo). O tempo de duração do ensaio foi de 60 dias. O volume acumulado de biogás para o inóculo foi maior que para a mistura resíduo + inóculo nas 3 profundidades ensaiadas (a). A partir do 13º. dia não ocorreu mais aumento do volume acumulado do biogás, indicando uma estabilização do ensaio. A Taxa de geração de biogás máxima foi de 8 (mL/dia) (b). A concentração de CH_4 diminuiu ao longo do ensaio (c). Observando o comportamento apresentado, pode-se inferir os resíduos ensaiados neste ponto não apresentam potencial

de geração CH_4 , este fato se dar devido ao baixo teor de sólidos voláteis (matéria orgânica) e pouca umidade.

Figura 4.17 – Volume Acumulado de biogás (a), Taxa de geração (b) e Percentual de CH_4 (c) - Amostra Ponto Novo

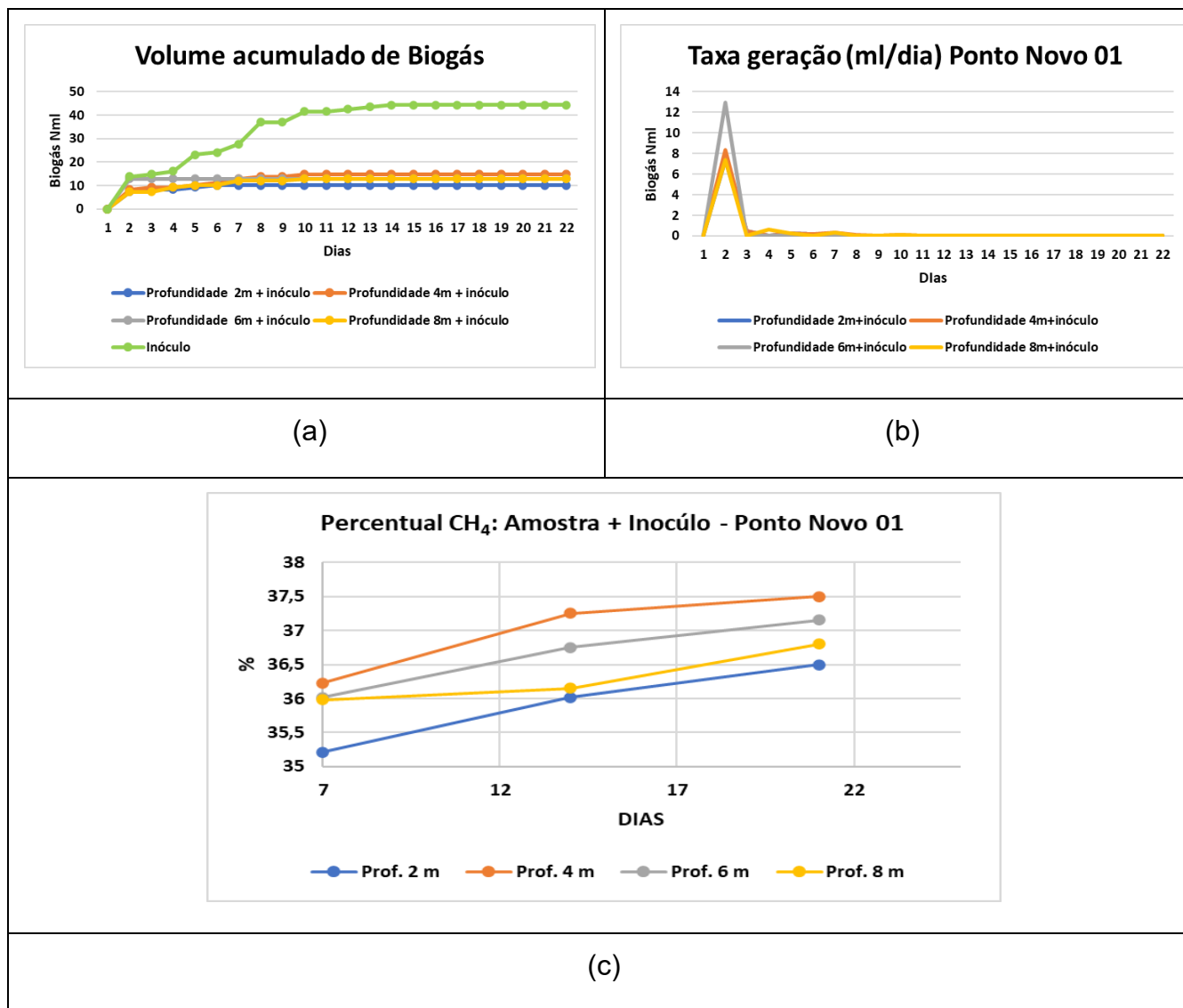


Fonte: Autores (2022).

Furo de Sondagem – Ponto Novo: Foram realizados 2 ensaios de BMP (amostra + inóculo). O tempo de duração do ensaio foi de 60 dias. O volume acumulado de biogás para o inóculo foi maior que para a mistura resíduo + inóculo nas 3 profundidades ensaiadas (a). A partir do 13º. dia não ocorreu mais aumento do volume acumulado do biogás, indicando uma estabilização do ensaio. A Taxa de geração de biogás máxima foi de 12 (mL/dia) (b). A concentração de CH_4 diminuiu ao longo do ensaio (c). Observando

o comportamento apresentado, pode-se inferir os resíduos ensaiados neste ponto não apresentam potencial de geração CH_4 , este fato se dar devido ao baixo teor de sólidos voláteis (matéria orgânica) e pouca umidade.

Figura 4.18 – Volume Acumulado de biogás (a), Taxa de geração (b) e Percentual de CH_4 (c) - Amostra Ponto Novo 01

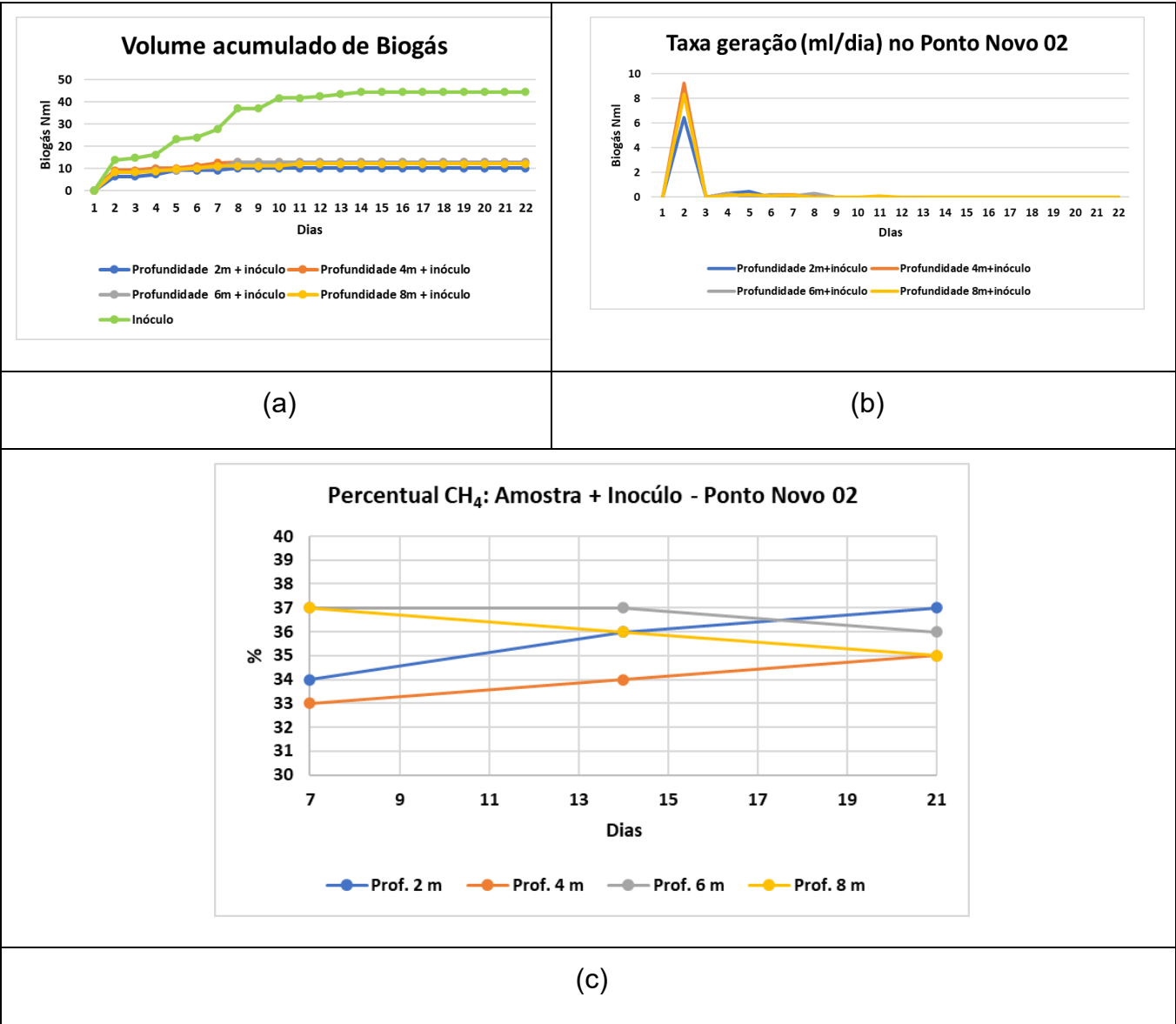


Fonte: Autores (2022).

Furo de Sondagem – Ponto Novo 01: Foram realizados 4 ensaios de BMP (amostra + inóculo). O tempo de duração do ensaio foi de 21 dias. O volume acumulado de biogás para o inóculo foi maior que para a mistura resíduo + inóculo nas 4 profundidades ensaiadas (a). A partir do 8º. dia não ocorreu mais aumento do volume acumulado do biogás, indicando uma estabilização do ensaio. A Taxa de geração de biogás máxima foi de 8 (mL/dia) (b). A concentração de CH_4 diminuiu ao longo do ensaio (c). Observando o

comportamento apresentado, pode-se inferir os resíduos ensaiados neste ponto não apresentam potencial de geração CH_4 , este fato se dar devido ao baixo teor de sólidos voláteis (matéria orgânica) e pouca umidade.

Figura 4.19 – Volume Acumulado de biogás (a), Taxa de geração (b) e Percentual de CH_4 (c) - Amostra Ponto Novo 02

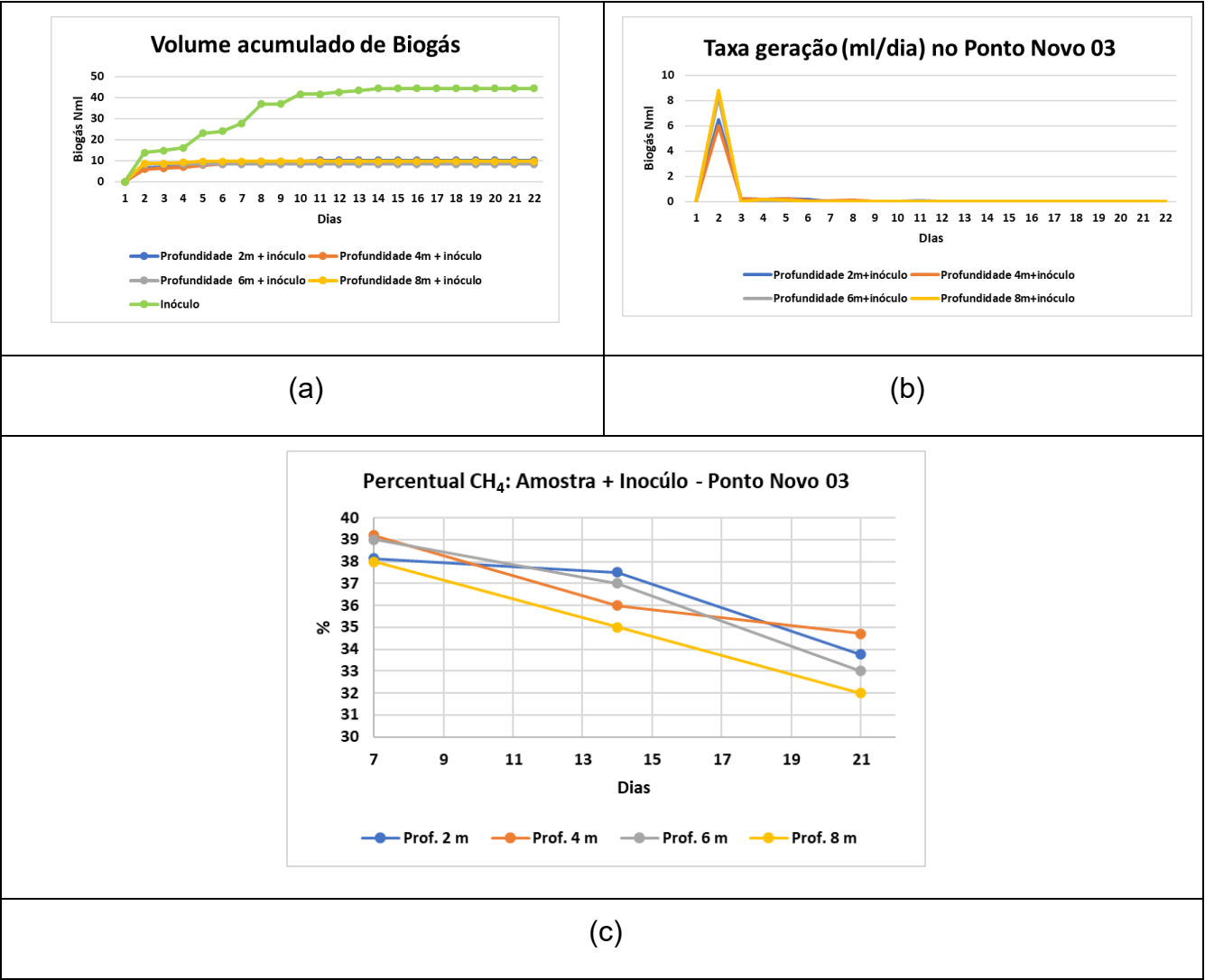


Fonte: Autores (2022).

Furo de Sondagem – Ponto Novo 02: Foram realizados 4 ensaios de BMP (amostra + inóculo). O tempo de duração do ensaio foi de 21 dias. O volume acumulado de biogás para o inóculo foi maior que para a mistura resíduo + inóculo nas 4 profundidades ensaiadas (a). A partir do 4º. dia não ocorreu mais aumento do volume acumulado do

biogás, indicando uma estabilização do ensaio. A Taxa de geração de biogás máxima foi de 8,5 (mL/dia) (b). A concentração de CH₄ diminuiu ao longo do ensaio (c). Observando o comportamento apresentado, pode-se inferir os resíduos ensaiados neste ponto não apresentam potencial de geração CH₄, este fato se dar devido ao baixo teor de sólidos voláteis (matéria orgânica) e pouca umidade.

Figura 4.20 – Volume Acumulado de biogás (a), Taxa de geração (b) e Percentual de CH₄ (c) - Amostra Ponto Novo 03

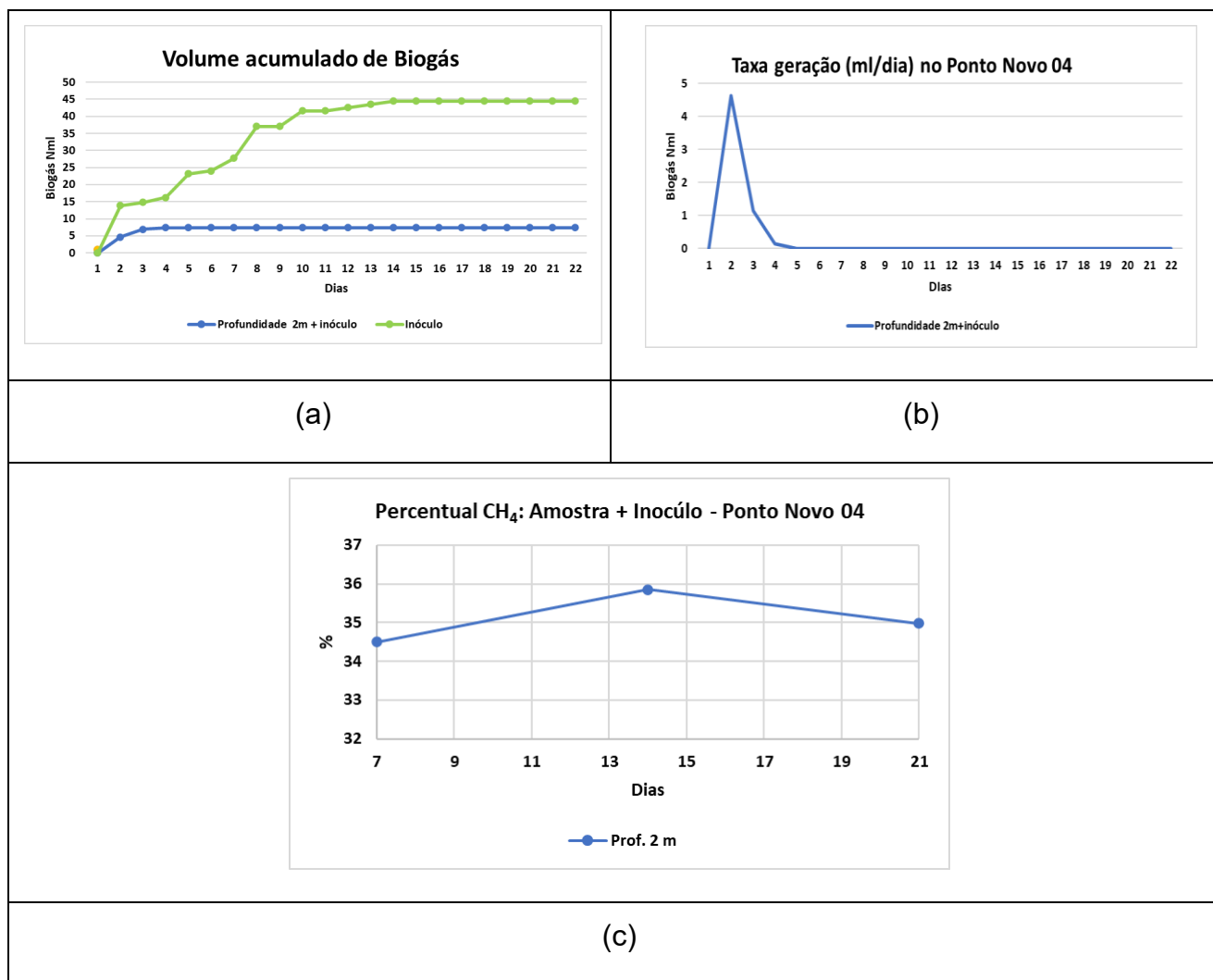


Fonte: Autores (2022).

Furo de Sondagem – Ponto Novo 03: Foram realizados 4 ensaios de BMP (amostra + inóculo). O tempo de duração do ensaio foi de 21 dias. O volume acumulado de biogás para o inóculo foi maior que para a mistura resíduo + inóculo nas 4 profundidades ensaiadas (a). A partir do 3º. dia não ocorreu mais aumento do volume acumulado do biogás, indicando uma estabilização do ensaio. A Taxa de geração de biogás máxima foi

de 8,2 (mL/dia) (b). A concentração de CH₄ diminuiu ao longo do ensaio (c). Observando o comportamento apresentado, pode-se inferir os resíduos ensaiados neste ponto não apresentam potencial de geração CH₄, este fato se dar devido ao baixo teor de sólidos voláteis (matéria orgânica) e pouca umidade.

Figura 4.21 – Volume Acumulado de biogás (a), Taxa de geração (b) e Percentual de CH₄ (c) - Amostra Ponto Novo 04

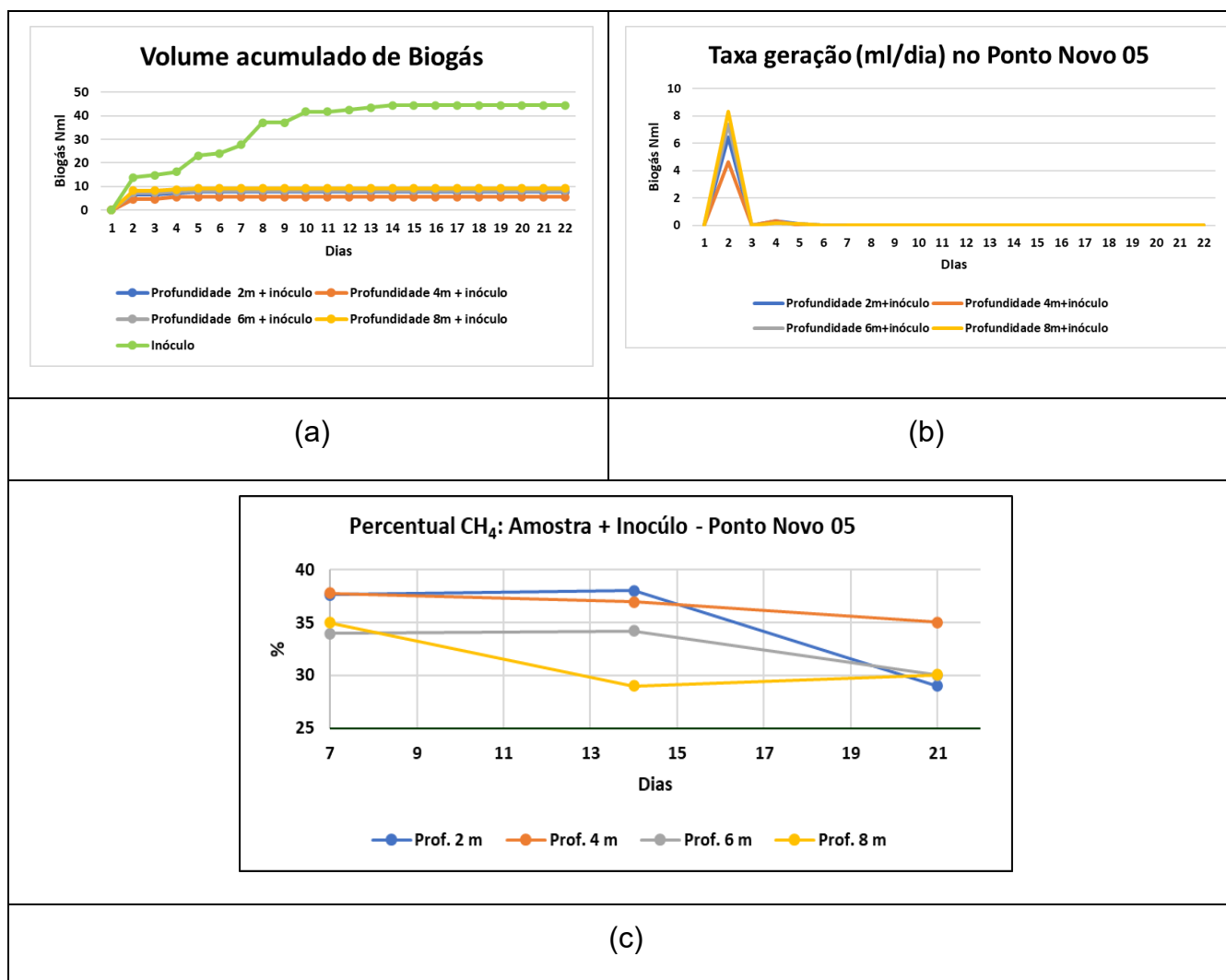


Fonte: Autores (2022).

Furo de Sondagem – Ponto Novo 04: Foram realizados 1 ensaio de BMP (amostra + inóculo). O tempo de duração do ensaio foi de 21 dias. O volume acumulado de biogás para o inóculo foi maior que para a mistura resíduo + inóculo na profundidade ensaiada (a). A partir do 4º. dia não ocorreu mais aumento do volume acumulado do biogás, indicando uma estabilização do ensaio. A Taxa de geração de biogás máxima foi de 4,6

(mL/dia) (b). A concentração de CH₄ diminuiu ao longo do ensaio (c). Observando o comportamento apresentado, pode-se inferir os resíduos ensaiados neste ponto não apresentam potencial de geração CH₄, este fato se dar devido ao baixo teor de sólidos voláteis (matéria orgânica) e pouca umidade.

Figura 4.22 – Volume Acumulado de biogás (a), Taxa de geração (b) e Percentual de CH₄ (c) - Amostra Ponto Novo 05

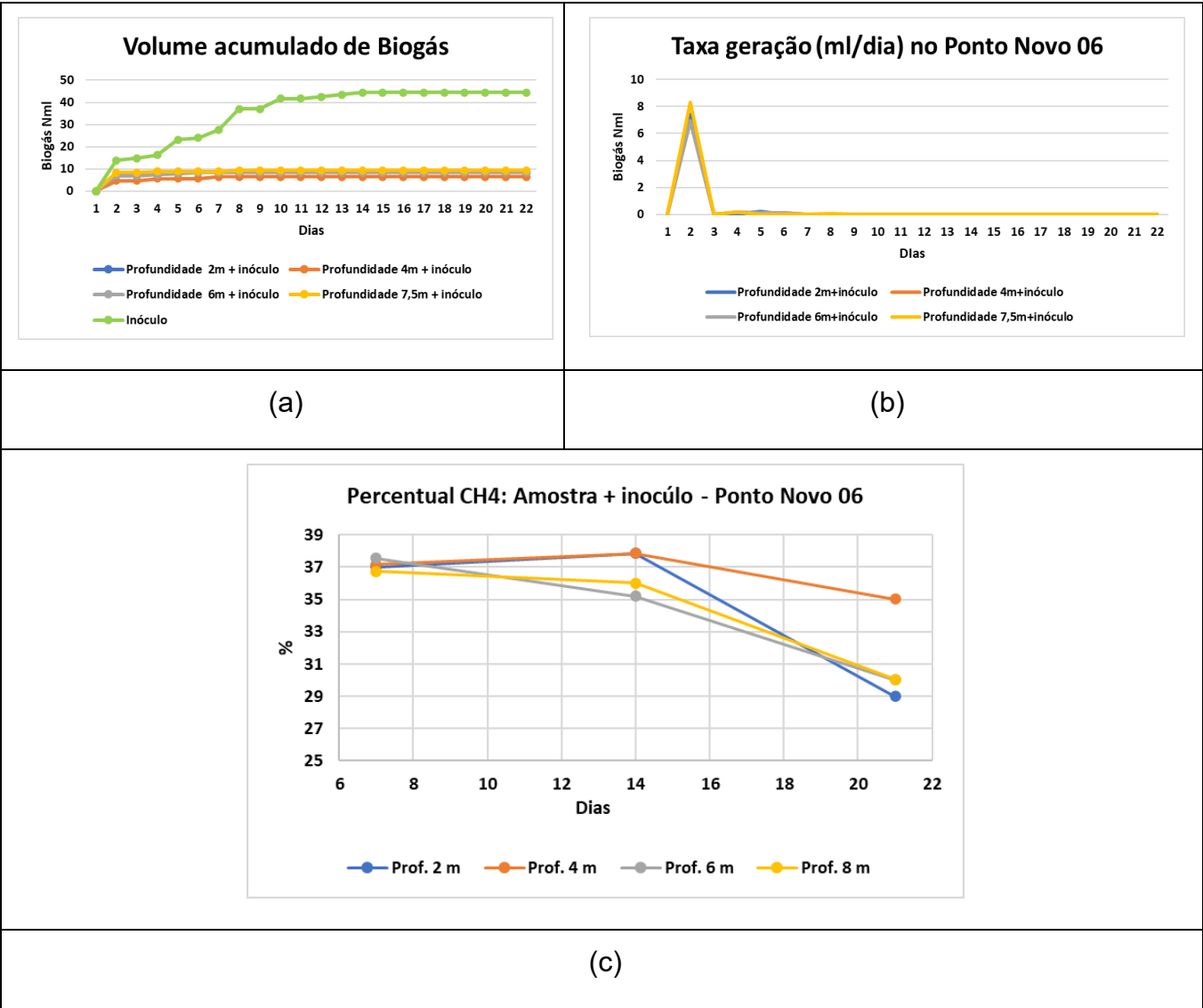


Fonte: Autores (2022).

Furo de Sondagem – Ponto Novo 05: Foram realizados 4 ensaios de BMP (amostra + inóculo). O tempo de duração do ensaio foi de 21 dias. O volume acumulado de biogás para o inóculo foi maior que para a mistura resíduo + inóculo na profundidade ensaiada (a). A partir do 3º. dia não ocorreu mais aumento do volume acumulado do biogás, indicando uma estabilização do ensaio. A Taxa de geração de biogás máxima foi de 8,2 (mL/dia) (b). A concentração de CH₄ diminuiu ao longo do ensaio (c). Observando o

comportamento apresentado, pode-se inferir os resíduos ensaiados neste ponto não apresentam potencial de geração CH_4 , este fato se dar devido ao baixo teor de sólidos voláteis (matéria orgânica) e pouca umidade.

Figura 4.23 – Volume Acumulado de biogás (a), Taxa de geração (b) e Percentual de CH_4 (c) - Amostra Ponto Novo 06



Fonte: Autores (2022).

Furo de Sondagem – Ponto Novo 06: Foram realizados 4 ensaios de BMP (amostra + inóculo). O tempo de duração do ensaio foi de 21 dias. O volume acumulado de biogás para o inóculo foi maior que para a mistura resíduo + inóculo na profundidade ensaiada (a). A partir do 3º. dia não ocorreu mais aumento do volume acumulado do biogás, indicando uma estabilização do ensaio. A Taxa de geração de biogás máxima foi de 8

(mL/dia) (b). A concentração de CH₄ diminuiu ao longo do ensaio (c). Observando o comportamento apresentado, pode-se inferir os resíduos ensaiados neste ponto não apresentam potencial de geração CH₄, este fato se dar devido ao baixo teor de sólidos voláteis (matéria orgânica) e pouca umidade.

A Tabela abaixo apresenta os resultados os ensaios de umidade, sólidos voláteis e taxa de geração de biogás das amostras ensaiadas.

Tabela 4.4 - Resultados de Umidade, Sólidos Voláteis e Taxa de Geração de Biogás

Amostra	Profundidade (m)	Umidade (%)	Sólidos Voláteis (%)	Taxa Máxima de Geração de Biogás (mL/dia)*
Ponto 01	0,5-1,0	25,49	9,03%	14,81 (mL/dia)
	1,00-1,50			
	1,50 - 2,00			
	2,00 -2,50	29,21	10,74%	16,20 (mL/dia)
	3,00 -3,50			
	3,50-4,00			
Ponto 05	0,00 -1,00	18,16	7,40%	11,57 (mL/dia)
	1,00 -2,00			
	2,00-3,000			
Ponto 06	0,00 -1,00	19,14	5,35%	10,18 (mL/dia)
	1,00 -2,00			
	2,00-3,00			
Ponto 07	0,00 -1,00	12,68	10,99%	4,63 (mL/dia)
	0,00-1,00			
Ponto 08	1,00 -2,00	17,91	13,74%	12,96 (mL/dia)
	2,00 -3,00			
	3,00 -4,00			
	4,00 -5,00			
Ponto 09	0,00-1,00	18,34	12,64%	8,33 (mL/dia)
Ponto Novo	1,00 -2,00	3,18	16,69%	11,57 (mL/dia)
	2,00 -3,00	40,57	3,93%	10,18 (mL/dia)
Ponto Novo	2,00	11,82	7,05	7,40 (mL/dia)
	4,00	18,44	8,78	8,33 (mL/dia)
	6,00	24,63	18,9	12,96 (mL/dia)
	8,00	19,76	8,43	7,4(mL/dia)
	2,00	11,37	8,61	6,48(mL/dia)

Amostra		Profundidade (m)	Umidade (%)	Sólidos Voláteis (%)	Taxa Máxima de Geração de Biogás (mL/dia)*	
	4,00		18,96	13,59	9,25(mL/dia)	
	6,00		22,31	8,58	8,33(mL/dia)	
	8,00		27,67	13,56	8,33(mL/dia)	
03	Ponto Novo	2,00		14,37	5,16	6,48(mL/dia)
		4,00		16,05	5,84	6,02(mL/dia)
		6,00		21,09	8,03	8,33(mL/dia)
		8,00		29,02	11,55	8,79(mL/dia)
04	Ponto Novo	2,00		4,01	7,56	4,63(mL/dia)
05	Ponto Novo	2,00		3,99	6,22	6,48(mL/dia)
		4,00		5,76	4,71	4,63(mL/dia)
		6,00		19,32	6,55	7,4(mL/dia)
		8,00		19,22	7,98	8,33(mL/dia)
06	Ponto Novo	2,00		24,3	9,35	7,4(mL/dia)
		4,00		22,84	9,81	6,94(mL/dia)
		6,00		26,63	10,76	6,94(mL/dia)
		8,00		26,25	12,94	8,33(mL/dia)
Inóculo					13,88 (mL/dia)	

* Para o ensaio BMP e obtenção da Taxa Máxima de Geração de Biogás (NMI/dia), as amostras correspondem ao resíduo daquele ponto + inóculo

Fonte: Autores (2022).

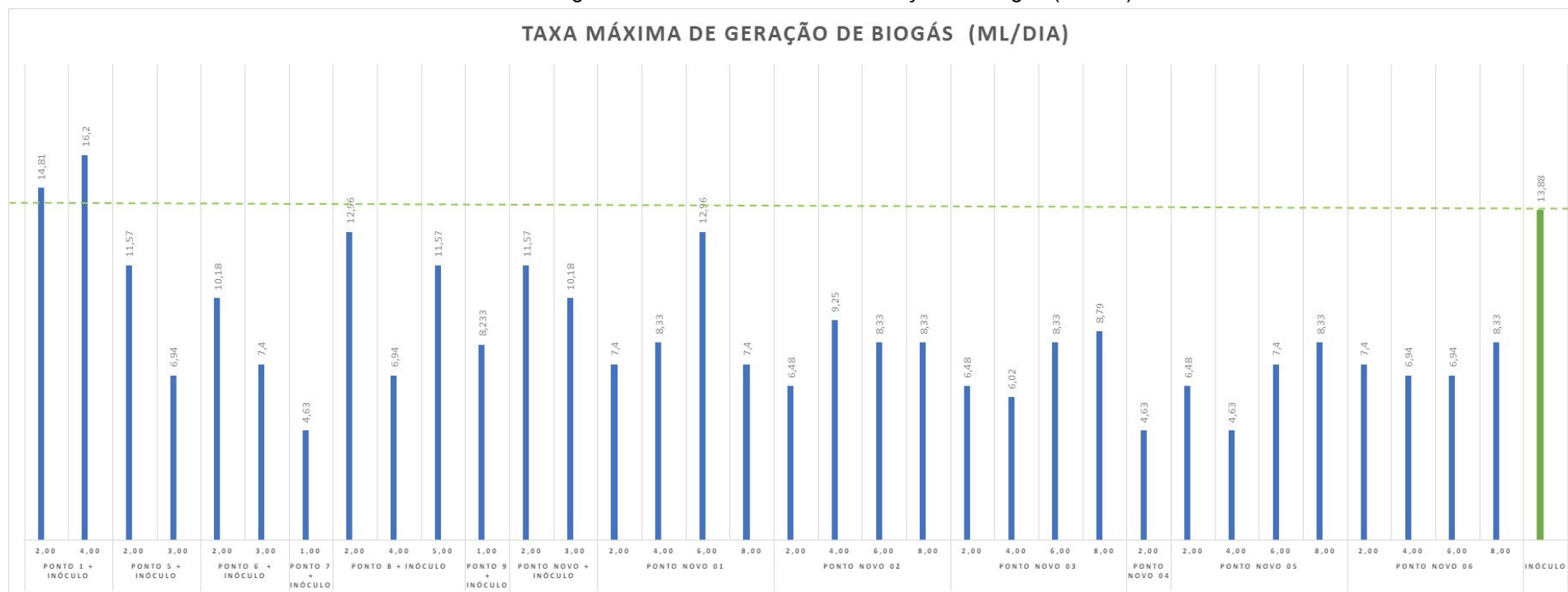
Estudos apresentados por Alves (2008) em relação às amostras de lixo com diferentes idades, indicou que os resíduos com aproximadamente 7 anos enquadraram-se na faixa de resíduo com processo de biodegradação já estabilizado, dado o baixo teor de sólidos voláteis dessa amostra (9,2%). Este estudo apresentou o baixo potencial de geração de biogás, coerente com os padrões de resíduos considerados já estabilizados. A taxa de geração máxima de biogás foi de 22,3 NmL/dia para uma amostra de lixo (7 anos)

+ inóculo, isto é, bem acima dos valores obtidos para os resíduos aterrados no antigo lixão de Roger que possuem idade média de 20 anos de aterrados.

Kelly (2002) afirma que resíduos com teor de sólidos voláteis abaixo de 20% já podem ser considerados estabilizados.

A Figura 4.24 apresenta a Taxa Máxima de Geração de Biogás (mL/dia) para cada amostra ensaiada (resíduo + inóculo e apenas inóculo).

Figura 4.24 – Taxa Máxima de Geração de Biogás (mL/dia)



Fonte: Autores (2022)

Observa-se que a Taxa máxima de geração de biogás é maior para o inóculo do que para as amostras de lixo + inóculo. Considerando que o inóculo tem a função de otimizar a geração de biogás e metano no ensaio BMP, devido ao seu maior percentual de nutrientes, micro- organismos e teor de umidade, pode-se inferir que a matéria orgânica atualmente presente no lixo aterrado na área é de difícil degradação, não tendo mais potencial de geração de biogás, e que ainda pode ter substâncias inibitórias ao processo de biodegradação, uma vez que a taxa máxima de geração de biogás do resíduo + inóculo foi, em geral, menor que a taxa apenas do próprio inóculo.

4.5.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE O ENSAIO BMP

A partir das análises laboratoriais de determinação de umidade, teor de sólidos voláteis e análises de BMP das amostras provenientes do Lixão do Roger, foi possível concluir que:

- No que se refere ao teor de umidade, observa-se que a média de umidade das amostras coletadas (22,35%) se situa abaixo do intervalo ótimo e propício para o desenvolvimento de microrganismos, em geral na faixa de 40 a 60%, podendo haver uma elevação deste percentual até 75% em períodos mais chuvosos (JUCÁ et al., 1997; BIDONE & POVINELLI, 1999; ARAÚJO, 2011);
- Em relação ao teor de sólidos voláteis, observa-se que a média das amostras coletadas indica um resíduo de difícil degradação, com um teor médio de 8,90% de sólidos voláteis, demonstrando um menor teor de matéria carbonácea e baixo estágio de degradação, próximo ao percentual de 20% que indica a estabilização do processo segundo Kelly (2002);
- Nas análises realizadas nos BMPs, observou-se um antagonismo entre o inóculo e as amostras, desta forma não gerando CH₄, este fato se dar devido ao baixo teor de sólidos voláteis (matéria orgânica) no inóculo e pouca umidade.
- No ensaio BMP não foi observado sinergia dos resíduos+inóculo, pois a geração de biogás apenas no inóculo foi maior que a geração de biogás dos resíduos + inóculo conjuntamente, indicando que o resíduo

apresentava pouca ou nenhuma matéria orgânica biodegradável e também a possibilidade de existir substâncias inibitórias ao processo de biodegradação dos resíduos.

- Com relação as taxas máximas de geração de biogás obtidas nos ensaios variaram entre 3 e 16 dias e que as maiores taxas de geração de biogás aconteceram no início do experimento.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos realizados tiveram como objetivo pesquisar a existência de gases no maciço, a sua caracterização volumétrica e qualitativa e condições em que os mesmos se encontram no maciço e qual o grau de degradação da matéria orgânica que lhe dá origem. Nesse sentido foram determinadas concentrações e vazões do biogás no interior do maciço de lixo através de medições em furos de ensaios e a pesquisa de emissões fugitivas pela camada de cobertura. As amostras de sólidos recolhidos in loco, mostraram qual o potencial de geração de biogás dos resíduos existentes na massa de lixo.

Para tanto foram instalados 13 drenos de monitoramento de biogás na área do antigo lixão do Roger, realizados 12 ensaios de placa de fluxo para avaliação das emissões fugitivas e a realização de ensaios de umidade, sólidos voláteis e BMP (Biochemical Methane Potencial) para a obtenção de curvas características de geração de biogás dos resíduos aterrados, podendo-se assim, inferir com maior segurança o biogás dos resíduos.

O período de monitoramento de biogás nos drenos foi de 78 dias, suficiente para avaliar as variações de vazões e concentrações de CH_4 , CO_2 , O_2 e H_2S .

De uma forma geral, os resultados deste relatório permitem extraírem-se as seguintes considerações:

- Em relação ao período de monitoramento do biogás na área do antigo lixão do Roger foi satisfatório, indicando a existência de gases dentro da massa de resíduos, porém observa-se que a drenagem natural foi eficiente com reduções de vazões acima de 50% para os drenos com maiores vazões. Independentemente do valor inicial da vazão (m^3/dia);
- Todos os drenos apresentaram redução de vazão ao longo do tempo. Isto se dá pois como os drenos estão abertos, ocorre uma drenagem natural (passiva), indicando que o gás acumulado está saindo da massa de resíduos. Todos os drenos apresentaram vazões finais de biogás (independente do tempo de monitoramento) menores que $25 \text{ m}^3/\text{dia}$, isto é um valor muito baixo. A redução de vazão ao longo do tempo indica que os drenos foram eficientes e que a drenagem passiva (sem a necessidade de um sistema de sucção) é eficiente

para a área. Por outro lado, os ensaios de laboratório sobre o teor de SV e BMP em resíduos sólidos, sugerem que a matéria orgânica remanescente está degradada e praticamente estabilizada, sem capacidade de geração de mais biogás, sendo que o biogás detectado é o que está acumulado na massa de lixo.

- As concentrações de CH_4 iniciais variaram de 60 a 0,2 %, dentro da faixa de degradação metanogênicas, condizente com a fase de biodegradação que os resíduos aterrados se encontram. Ocorreu a diminuição da concentração de CH_4 ao longo do período de monitoramento, com exceção dos pontos P09 e PN. Também foi observado que concentrações iniciais de CH_4 menores que 30%, também foram os drenos com menores vazões iniciais, indicando que nestas áreas já poderiam ter sido realizados ações de recuperação ambiental. Os drenos com maiores concentrações de CH_4 , de maneira geral, também apresentaram maiores vazões iniciais. Indicando que nestas áreas não ocorreu nenhuma recuperação ambiental no passado e o gás presente corresponde a decomposição do lixo anteriormente depositado e que ao longo do tempo não foi drenado, isto é, encontra-se acumulado.
- Em geral, a concentração de O_2 é baixa ou nula nos drenos monitorados, só aparecendo em locais onde os drenos possuem pequena espessura (menor que 5 metros), indicando uma condição de aneorobiose do meio;
- A concentração de CO_2 , em geral, aumenta do início até o final do monitoramento, porém em concentrações dentro da faixa de biodegradação que o resíduo se encontra;
- As concentrações de H_2S são nulas no início do monitoramento e aparecendo em traços em alguns drenos durante o período de monitoramento, porém em valores baixos;
- As várias profundidades dos drenos instalados serviram para indicar que existe biogás acumulado em toda a massa de lixo e confirmar que as vazões observadas são baixas (independente do período de monitoramento), confirmando a necessidade de drenagem na área, porém um sistema de drenagem natural, sem extração forçada do biogás, será eficiente para a área.

Os ensaios de placa de fluxo foram realizados para avaliar as emissões fugitivas de biogás pela camada de cobertura. Estes ensaios indicaram que a área do antigo lixão do Roger concentra baixo índice de emissões fugitivas de metano para atmosfera.

Para os ensaios realizados, a concentração de metano variou, de 0,1% a 0,5% e a concentração de Dióxido de carbono de 0,1% a 1,3%. Em relação ao gás sulfídrico, obteve-se concentrações zero, não sendo observado a presença desse gás no ensaio de placa. Salienta-se que as concentrações e fluxo finais do biogás encontrado indicam que não está ocorrendo emissões fugitivas pela camada de cobertura, uma vez que a concentração do biogás é muito baixa, inclusive dentro da faixa de erro dos equipamentos de campo utilizados, sendo para CH_4 ($\pm 2,0\%$), para CO_2 ($\pm 5,0\%$), para O_2 ($\pm 1,0\%$) e para H_2S ($\pm 5,0\%$). Em relação a concentração final de O_2 em cada ensaio foi próxima de 20%, indicando que não há fluxo de gases pela camada de cobertura.

Observa-se que os valores de sólidos voláteis obtidos são muito baixos, em geral, menores de 10%. O valor médio de sólidos voláteis foi de 9,11%. Segundo Kelly (2002) e Alves (2008), teores de sólidos voláteis inferiores a 20% indicam a estabilização por conterem uma quantidade mínima de material ainda a ser degradável; já Maciel (2009), afirma que a bioestabilização é identificada quando o teor de sólidos voláteis se encontra menores que 10%.

A Taxa máxima de geração de biogás obtida no ensaio BMP é maior para o inóculo do que para as amostras de lixo + inóculo, revelando incapacidade da matéria orgânica existente já não ter capacidade de degradação e geração de biogás. De fato, considerando que o inóculo tem a função de otimizar a geração de biogás e metano no ensaio BMP, devido ao seu maior percentual de nutrientes, microorganismos e teor de umidade, pode-se inferir que a matéria orgânica atualmente presente no lixo aterrado na área é de difícil degradação, não tendo mais potencial de geração de biogás, e que ainda pode ter substâncias inibitórias ao processo de biodegradação, uma vez que a taxa máxima de geração de biogás do resíduo + inóculo foi, em geral, menor que a taxa apenas do próprio inóculo.

Os resultados das medições de emissões gasosas praticamente nulas na cobertura do maciço evidenciam que os gases existentes na massa de lixo não têm capacidade de passar pela barreira da cobertura, porque as pressões são baixas, devida a não haver mais acumulação de biogás por geração no interior, sugerindo segurança para as construções que se prevê serem executadas no Parque socioambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 Angelidaki, I., M. Alves, D. Bolzonella, L. Borzacconi, J. L. Campos, A. J. Guwy, S. Kalyuzhnyi, P. Jenicek, e J. B. van Lier. 2009. "Defining the Biomethane Potential (BMP) of Solid Organic Wastes and Energy Crops: A Proposed Protocol for Batch Assays". *Water Science and Technology* 59 (5): 927–34. <https://doi.org/10.2166/wst.2009.040>
- 2 ALVES, I.R.F.S (2008). *Análise experimental do potencial de geração de biogás em resíduos sólidos urbanos*. Dissertação de Mestrado. Centro de Tecnologia e Geociências. Universidade Federal de Pernambuco. Recife-PE. 117p.
- 3 NOUSHEEN ARIF, K. Determination of hydro-mechanical characteristics of biodegradable waste-laboratory and landfill site. Tese de doutorado. Universite of Grenoble. Franch. 2010.
- 4 JUCÁ, J.F.T., MONTEIRO, V.E.D., OLIVEIRA, F.J.S., MACIEL, F.J. (1997). *Monitoramento Ambiental do Aterro de Resíduos Sólidos da Muribeca*. 3º Seminário Nacional sobre Resíduos Sólidos Urbanos. Toledo-PR.
- 5 KELLY, R. J. *Solid Waste Biodegradation Enhancements and the Evaluation of Analytical Methods Used to Predict Waste Stability*. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental e Engenharia) - Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University. 2002.
- 6 WHO – International Reference Center for Waste Disposal (1979). *Methods of analysis of sewage sludge solid wastes and compost*. Switzerland.

6 ANEXOS (PLANILHAS)

Ensaio dos frascos (BMP)

Volume frasco 250,0 ml
Volume líquido no 201,61 ml
Volume útil do fra: 0,0484 litros

Ponto 01 Profundidade 2m

83,14 Constante universal dos gases em (L*mbar/Kelvin/mol)
22,14 1 mol de gas ocupa 1 volume de 22,14 L a 0 C(273,15 K) CNTP

L1										Produção biogás			Cálculo - Taxa geração (ml/dia)	
Data	hora	Dias corridos	Leitura da pressão frasco (Kg/cm2)	Diferença de Pressão (Kg/cm2)	Conversão Pressão (mbar)	Pressão atm (mbar)	Leitura Temp. (°C)	Conversão Temp. (°K)	Gerado entre t e t+1 (ml)	Acumulado (ml)	Condições CNTP gerado (ml)	Condições CNTP Acumulado (ml)	Método 1	Método 2
16/nov	12:00	0	0,1								0	0	0	0
17/nov	12:00	1	0,26	0,16	156,90	1010,75	37	310,15	6,60	6,60	7,40	7,40	7,40	7,40
18/nov	12:00	2	0,28	0,02	19,61	1010,75	37	310,15	0,82	7,42	0,93	8,33	4,16	0,46
19/nov	12:00	3	0,28	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	7,42	0,00	8,33	2,78	0,00
20/nov	12:00	4	0,30	0,02	19,61	1010,75	37	310,15	0,82	8,25	0,93	9,25	2,31	0,23
21/nov	12:00	5	0,32	0,02	19,61	1010,75	37	310,15	0,82	9,07	0,93	10,18	2,04	0,19
22/nov	12:00	6	0,32	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	9,07	0,00	10,18	1,70	0,00
23/nov	12:00	7	0,32	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	9,07	0,00	10,18	1,45	0,00
24/nov	12:00	8	0,20	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	9,07	0,00	10,18	1,27	0,00
25/nov	12:00	9	0,20	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	9,07	0,00	10,18	1,13	0,00
26/nov	12:00	10	0,20	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	9,07	0,00	10,18	1,02	0,00
27/nov	12:00	11	0,20	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	9,07	0,00	10,18	0,93	0,00
28/nov	12:00	12	0,20	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	9,07	0,00	10,18	0,85	0,00
29/nov	12:00	13	0,200	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	9,07	0,00	10,18	0,78	0,00
30/nov	12:00	14	0,20	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	9,07	0,00	10,18	0,73	0,00
01/dez	12:00	15	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	9,07	0,00	10,18	0,68	0,00
02/dez	12:00	16	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	9,07	0,00	10,18	0,64	0,00
03/dez	12:00	17	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	9,07	0,00	10,18	0,60	0,00
04/dez	12:00	18	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	9,07	0,00	10,18	0,57	0,00
05/dez	12:00	19	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	9,07	0,00	10,18	0,54	0,00
06/dez	12:00	20	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	9,07	0,00	10,18	0,51	0,00
07/dez	12:00	21	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	9,07	0,00	10,18	0,48	0,00
08/dez	12:00	22	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	9,07	0,00	10,18	0,46	0,00
09/dez	12:00	23	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	9,07	0,00	10,18	0,44	0,00
10/dez	12:00	24	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	9,07	0,00	10,18	0,42	0,00
11/dez	12:00	25	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	9,07	0,00	10,18	0,41	0,00
12/dez	12:00	26	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	9,07	0,00	10,18	0,39	0,00
13/dez	12:00	27	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	9,07	0,00	10,18	0,38	0,00
14/dez	12:00	28	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	9,07	0,00	10,18	0,36	0,00
15/dez	12:00	29	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	9,07	0,00	10,18	0,35	0,00
16/dez	12:00	30	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	9,07	0,00	10,18	0,34	0,00
17/dez	12:00	31	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	9,07	0,00	10,18	0,33	0,00
18/dez	12:00	32	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	9,07	0,00	10,18	0,32	0,00
19/dez	12:00	33	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	9,07	0,00	10,18	0,31	0,00
20/dez	12:00	34	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	9,07	0,00	10,18	0,30	0,00
21/dez	12:00	35	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	9,07	0,00	10,18	0,29	0,00
22/dez	12:00	36	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	9,07	0,00	10,18	0,28	0,00
23/dez	12:00	37	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	9,07	0,00	10,18	0,28	0,00
24/dez	12:00	38	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	9,07	0,00	10,18	0,27	0,00
25/dez	12:00	39	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	9,07	0,00	10,18	0,26	0,00
26/dez	12:00	40	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	9,07	0,00	10,18	0,25	0,00
27/dez	12:00	41	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	9,07	0,00	10,18	0,25	0,00
28/dez	12:00	42	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	9,07	0,00	10,18	0,24	0,00
29/dez	12:00	43	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	9,07	0,00	10,18	0,24	0,00
30/dez	12:00	44	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	9,07	0,00	10,18	0,23	0,00
31/dez	12:00	45	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	9,07	0,00	10,18	0,23	0,00
01/jan	12:00	46	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	9,07	0,00	10,18	0,22	0,00
02/jan	12:00	47	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	9,07	0,00	10,18	0,22	0,00
03/jan	13:00	48	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	9,07	0,00	10,18	0,21	0,00
04/jan	14:00	49	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	9,07	0,00	10,18	0,21	0,00
05/jan	15:00	50	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	9,07	0,00	10,18	0,20	0,00
06/jan	16:00	51	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	9,07	0,00	10,18	0,20	0,00
07/jan	17:00	52	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	9,07	0,00	10,18	0,20	0,00
08/jan	18:00	53	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	9,07	0,00	10,18	0,19	0,00
09/jan	19:00	54	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	9,07	0,00	10,18	0,19	0,00
10/jan	20:00	55	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	9,07	0,00	10,18	0,19	0,00
11/jan	21:00	56	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	9,07	0,00	10,18	0,18	0,00
12/jan	22:00	57	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	9,07	0,00	10,18	0,18	0,00
13/jan	23:00	58	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	9,07	0,00	10,18	0,18	0,00
14/jan	00:00	59	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	9,07	0,00	10,18	0,17	0,00
15/jan	01:00	60	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	9,07	0,00	10,18	0,17	0,00

Ensaio dos frascos (BMP)

Volume frasco 250,0 ml

Volume líquido no frasco 201,61 ml

Volume útil do frasco (litros) 0,0484 litros

Ponto 01 Profundidade 4m

83,14 Constante universal dos gases em (L*mbar/Kelvin/mol)

22,14 1 mol de gas ocupa 1 volume de 22,14 L a 0 C (273,15 K) CNTP

L1										Produção biogás			Cálculo - Taxa geração (ml/dia)	
Data	hora	Dias corridos	Leitura da pressão frasco (Kgf/cm ²)	Diferença de Pressão (Kgf/cm ²)	Conversão Pressão (mbar)	Pressão atm (mbar)	Leitura Temp. (°C)	Conversão Temp. (°K)	Gerado entre t e t+1 (ml)	Acumulado (ml)	Condições CNTP gerado (ml)	Condições CNTP Acumulado (ml)	Método 1	Método 2
16/nov	12:00	0	0,1								0	0	0	0
17/nov	12:00	1	0,45	0,35	343,23	1010,75	37	310,15	14,43	14,43	16,20	16,20	16,20	16,20
18/nov	12:00	2	0,46	0,01	9,81	1010,75	37	310,15	0,41	14,85	0,46	16,66	8,33	0,23
19/nov	12:00	3	0,53	0,07	68,65	1010,75	37	310,15	2,89	17,73	3,24	19,90	6,63	1,08
20/nov	12:00	4	0,53	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	17,73	0,00	19,90	4,97	0,00
21/nov	12:00	5	0,53	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	17,73	0,00	19,90	3,98	0,00
22/nov	12:00	6	0,6	0,07	68,65	1010,75	37	310,15	2,89	20,62	3,24	23,14	3,86	0,54
23/nov	12:00	7	0,6	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	20,62	0,00	23,14	3,31	0,00
24/nov	12:00	8	0,2	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	20,62	0,00	23,14	2,89	0,00
25/nov	12:00	9	0,2	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	20,62	0,00	23,14	2,57	0,00
26/nov	12:00	10	0,2	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	20,62	0,00	23,14	2,31	0,00
27/nov	12:00	11	0,2023	0,00	2,26	1010,75	37	310,15	0,09	20,72	0,11	23,24	2,11	0,01
28/nov	12:00	12	0,11	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	20,72	0,00	23,24	1,94	0,00
29/nov	12:00	13	0,11	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	20,72	0,00	23,24	1,79	0,00
30/nov	12:00	14	0,12	0,01	9,81	1010,75	37	310,15	0,41	21,13	0,46	23,71	1,69	0,03
01/dez	12:00	15	0,13	0,01	9,81	1010,75	37	310,15	0,41	21,54	0,46	24,17	1,61	0,03
02/dez	12:00	16	0,13	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	21,54	0,00	24,17	1,51	0,00
03/dez	12:00	17	0,13	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	21,54	0,00	24,17	1,42	0,00
04/dez	12:00	18	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	21,54	0,00	24,17	1,34	0,00
05/dez	12:00	19	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	21,54	0,00	24,17	1,27	0,00
06/dez	12:00	20	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	21,54	0,00	24,17	1,21	0,00
07/dez	12:00	21	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	21,54	0,00	24,17	1,15	0,00
08/dez	12:00	22	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	21,54	0,00	24,17	1,10	0,00
09/dez	12:00	23	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	21,54	0,00	24,17	1,05	0,00
10/dez	12:00	24	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	21,54	0,00	24,17	1,01	0,00
11/dez	12:00	25	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	21,54	0,00	24,17	0,97	0,00
12/dez	12:00	26	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	21,54	0,00	24,17	0,93	0,00
13/dez	12:00	27	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	21,54	0,00	24,17	0,90	0,00
14/dez	12:00	28	0,2	0,10	98,07	1010,75	37	310,15	4,12	25,66	4,63	28,80	1,03	0,17
15/dez	12:00	29	0,2	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,99	0,00
16/dez	12:00	30	0,2	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,96	0,00
17/dez	12:00	31	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,93	0,00
18/dez	12:00	32	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,90	0,00
19/dez	12:00	33	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,87	0,00
20/dez	12:00	34	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,85	0,00
21/dez	12:00	35	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,82	0,00
22/dez	12:00	36	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,80	0,00
23/dez	12:00	37	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,78	0,00
24/dez	12:00	38	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,76	0,00
25/dez	12:00	39	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,74	0,00
26/dez	12:00	40	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,72	0,00
27/dez	12:00	41	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,70	0,00
28/dez	12:00	42	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,69	0,00
29/dez	12:00	43	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,67	0,00
30/dez	12:00	44	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,65	0,00
31/dez	12:00	45	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,64	0,00
01/jan	12:00	46	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,63	0,00
02/jan	12:00	47	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,61	0,00
03/jan	13:00	48	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,60	0,00
04/jan	14:00	49	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,59	0,00
05/jan	15:00	50	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,58	0,00
06/jan	16:00	51	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,56	0,00
07/jan	17:00	52	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,55	0,00
08/jan	18:00	53	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,54	0,00
09/jan	19:00	54	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,53	0,00
10/jan	20:00	55	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,52	0,00
11/jan	21:00	56	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,51	0,00
12/jan	22:00	57	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,51	0,00
13/jan	23:00	58	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,50	0,00
14/jan	00:00	59	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,49	0,00
15/jan	01:00	60	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,48	0,00

Ensaio dos frascos (BMP)

Volume frasco 250,0 ml
 Volume líquido no frasco 201,61 ml
 Volume útil do frasco (litros) 0,0484 litros

Ponto 01 Profundidade 6m

83,14 Constante universal dos gases em (L*mbar/Kelvin/mol)
 22,14 1 mol de gas ocupa 1 volume de 22,14 L a 0 C (273,15 K) CNTP

L1										Produção biogás			Cálculo - Taxa geração (ml/dia)	
Data	hora	Dias corridos	Leitura da pressão frasco (Kg/cm ²)	Diferença de Pressão (Kg/cm ²)	Conversão Pressão (mbar)	Pressão atm (mbar)	Leitura Temp. (°C)	Conversão Temp. (°K)	Gerado entre t e t+1 (ml)	Acumulado (ml)	Condições CNTP gerado (ml)	Condições CNTP Acumulado (ml)	Método 1	Método 2
16/nov	12:00	0	0,1								0	0	0	0
17/nov	12:00	1	0,45	0,35	343,23	1010,75	37	310,15	14,43	14,43	16,20	16,20	16,20	16,20
18/nov	12:00	2	0,46	0,01	9,81	1010,75	37	310,15	0,41	14,85	0,46	16,66	8,33	0,23
19/nov	12:00	3	0,53	0,07	68,65	1010,75	37	310,15	2,89	17,73	3,24	19,90	6,63	1,08
20/nov	12:00	4	0,53	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	17,73	0,00	19,90	4,97	0,00
21/nov	12:00	5	0,53	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	17,73	0,00	19,90	3,98	0,00
22/nov	12:00	6	0,6	0,07	68,65	1010,75	37	310,15	2,89	20,62	3,24	23,14	3,86	0,54
23/nov	12:00	7	0,6	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	20,62	0,00	23,14	3,31	0,00
24/nov	12:00	8	0,2	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	20,62	0,00	23,14	2,89	0,00
25/nov	12:00	9	0,2	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	20,62	0,00	23,14	2,57	0,00
26/nov	12:00	10	0,2	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	20,62	0,00	23,14	2,31	0,00
27/nov	12:00	11	0,2023	0,00	2,26	1010,75	37	310,15	0,09	20,72	0,11	23,24	2,11	0,01
28/nov	12:00	12	0,11	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	20,72	0,00	23,24	1,94	0,00
29/nov	12:00	13	0,11	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	20,72	0,00	23,24	1,79	0,00
30/nov	12:00	14	0,12	0,01	9,81	1010,75	37	310,15	0,41	21,13	0,46	23,71	1,69	0,03
01/dez	12:00	15	0,13	0,01	9,81	1010,75	37	310,15	0,41	21,54	0,46	24,17	1,61	0,03
02/dez	12:00	16	0,13	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	21,54	0,00	24,17	1,51	0,00
03/dez	12:00	17	0,13	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	21,54	0,00	24,17	1,42	0,00
04/dez	12:00	18	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	21,54	0,00	24,17	1,34	0,00
05/dez	12:00	19	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	21,54	0,00	24,17	1,27	0,00
06/dez	12:00	20	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	21,54	0,00	24,17	1,21	0,00
07/dez	12:00	21	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	21,54	0,00	24,17	1,15	0,00
08/dez	12:00	22	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	21,54	0,00	24,17	1,10	0,00
09/dez	12:00	23	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	21,54	0,00	24,17	1,05	0,00
10/dez	12:00	24	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	21,54	0,00	24,17	1,01	0,00
11/dez	12:00	25	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	21,54	0,00	24,17	0,97	0,00
12/dez	12:00	26	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	21,54	0,00	24,17	0,93	0,00
13/dez	12:00	27	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	21,54	0,00	24,17	0,90	0,00
14/dez	12:00	28	0,2	0,10	98,07	1010,75	37	310,15	4,12	25,66	4,63	28,80	1,03	0,17
15/dez	12:00	29	0,2	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,99	0,00
16/dez	12:00	30	0,2	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,96	0,00
17/dez	12:00	31	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,93	0,00
18/dez	12:00	32	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,90	0,00
19/dez	12:00	33	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,87	0,00
20/dez	12:00	34	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,85	0,00
21/dez	12:00	35	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,82	0,00
22/dez	12:00	36	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,80	0,00
23/dez	12:00	37	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,78	0,00
24/dez	12:00	38	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,76	0,00
25/dez	12:00	39	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,74	0,00
26/dez	12:00	40	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,72	0,00
27/dez	12:00	41	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,70	0,00
28/dez	12:00	42	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,69	0,00
29/dez	12:00	43	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,67	0,00
30/dez	12:00	44	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,65	0,00
31/dez	12:00	45	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,64	0,00
01/jan	12:00	46	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,63	0,00
02/jan	12:00	47	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,61	0,00
03/jan	13:00	48	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,60	0,00
04/jan	14:00	49	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,59	0,00
05/jan	15:00	50	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,58	0,00
06/jan	16:00	51	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,56	0,00
07/jan	17:00	52	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,55	0,00
08/jan	18:00	53	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,54	0,00
09/jan	19:00	54	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,53	0,00
10/jan	20:00	55	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,52	0,00
11/jan	21:00	56	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,51	0,00
12/jan	22:00	57	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,51	0,00
13/jan	23:00	58	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,50	0,00
14/jan	00:00	59	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,49	0,00
15/jan	01:00	60	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,48	0,00

Ensaio dos frascos (BMP)

Volume frasco 250,0 ml
Volume líquido no 201,61 ml
Volume útil do fra: 0,0484 litros

Ponto 01 Profundidade 8m

83,14 Constante universal dos gases em (L*mbar/Kelvin/mol)
22,14 1 mol de gas ocupa 1 volume de 22,14 L a 0 C(273,15 K) CNTP

L1										Produção bio gás			Cálculo - Taxa geração (ml/dia)	
Data	hora	Dias corridos	Leitura da pressão frasco (Kgf/cm2)	Diferença de Pressão (Kgf/cm2)	Conversão Pressão (mbar)	Pressão atm (mbar)	Leitura Temp. (°C)	Conversão Temp. (°K)	Gerado entre t e t+1 (ml)	Acumulado (ml)	Condições CNTP gerado (ml)	Condições CNTP Acumulado (ml)	Método 1	Método 2
16/nov	12:00	0	0,1								0	0	0	0
17/nov	12:00	1	0,45	0,35	343,23	1010,75	37	310,15	14,43	14,43	16,20	16,20	16,20	16,20
18/nov	12:00	2	0,46	0,01	9,81	1010,75	37	310,15	0,41	14,85	0,46	16,66	8,33	0,23
19/nov	12:00	3	0,53	0,07	68,65	1010,75	37	310,15	2,89	17,73	3,24	19,90	6,63	1,08
20/nov	12:00	4	0,53	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	17,73	0,00	19,90	4,97	0,00
21/nov	12:00	5	0,53	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	17,73	0,00	19,90	3,98	0,00
22/nov	12:00	6	0,6	0,07	68,65	1010,75	37	310,15	2,89	20,62	3,24	23,14	3,86	0,54
23/nov	12:00	7	0,6	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	20,62	0,00	23,14	3,31	0,00
24/nov	12:00	8	0,2	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	20,62	0,00	23,14	2,89	0,00
25/nov	12:00	9	0,2	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	20,62	0,00	23,14	2,57	0,00
26/nov	12:00	10	0,2	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	20,62	0,00	23,14	2,31	0,00
27/nov	12:00	11	0,2023	0,00	2,26	1010,75	37	310,15	0,09	20,72	0,11	23,24	2,11	0,01
28/nov	12:00	12	0,11	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	20,72	0,00	23,24	1,94	0,00
29/nov	12:00	13	0,11	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	20,72	0,00	23,24	1,79	0,00
30/nov	12:00	14	0,12	0,01	9,81	1010,75	37	310,15	0,41	21,13	0,46	23,71	1,69	0,03
01/dez	12:00	15	0,13	0,01	9,81	1010,75	37	310,15	0,41	21,54	0,46	24,17	1,61	0,03
02/dez	12:00	16	0,13	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	21,54	0,00	24,17	1,51	0,00
03/dez	12:00	17	0,13	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	21,54	0,00	24,17	1,42	0,00
04/dez	12:00	18	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	21,54	0,00	24,17	1,34	0,00
05/dez	12:00	19	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	21,54	0,00	24,17	1,27	0,00
06/dez	12:00	20	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	21,54	0,00	24,17	1,21	0,00
07/dez	12:00	21	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	21,54	0,00	24,17	1,15	0,00
08/dez	12:00	22	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	21,54	0,00	24,17	1,10	0,00
09/dez	12:00	23	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	21,54	0,00	24,17	1,05	0,00
10/dez	12:00	24	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	21,54	0,00	24,17	1,01	0,00
11/dez	12:00	25	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	21,54	0,00	24,17	0,97	0,00
12/dez	12:00	26	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	21,54	0,00	24,17	0,93	0,00
13/dez	12:00	27	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	21,54	0,00	24,17	0,90	0,00
14/dez	12:00	28	0,2	0,10	98,07	1010,75	37	310,15	4,12	25,66	4,63	28,80	1,03	0,17
15/dez	12:00	29	0,2	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,99	0,00
16/dez	12:00	30	0,2	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,96	0,00
17/dez	12:00	31	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,93	0,00
18/dez	12:00	32	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,90	0,00
19/dez	12:00	33	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,87	0,00
20/dez	12:00	34	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,85	0,00
21/dez	12:00	35	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,82	0,00
22/dez	12:00	36	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,80	0,00
23/dez	12:00	37	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,78	0,00
24/dez	12:00	38	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,76	0,00
25/dez	12:00	39	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,74	0,00
26/dez	12:00	40	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,72	0,00
27/dez	12:00	41	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,70	0,00
28/dez	12:00	42	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,69	0,00
29/dez	12:00	43	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,67	0,00
30/dez	12:00	44	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,65	0,00
31/dez	12:00	45	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,64	0,00
01/jan	12:00	46	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,63	0,00
02/jan	12:00	47	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,61	0,00
03/jan	13:00	48	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,60	0,00
04/jan	14:00	49	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,59	0,00
05/jan	15:00	50	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,58	0,00
06/jan	16:00	51	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,56	0,00
07/jan	17:00	52	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,55	0,00
08/jan	18:00	53	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,54	0,00
09/jan	19:00	54	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,53	0,00
10/jan	20:00	55	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,52	0,00
11/jan	21:00	56	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,51	0,00
12/jan	22:00	57	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,51	0,00
13/jan	23:00	58	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,50	0,00
14/jan	00:00	59	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,49	0,00
15/jan	01:00	60	0,1	0,00	0,00	1010,75	37	310,15	0,00	25,66	0,00	28,80	0,48	0,00